

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005828

International filing date: 29 March 2005 (29.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-113490
Filing date: 07 April 2004 (07.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 4 月 7 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 1 3 4 9 0

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 1 1 3 4 9 0

出 願 人
Applicant(s): 本田技研工業株式会社

2 0 0 5 年 4 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	H104071701
【提出日】	平成16年 4月 7日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	F02D 41/16 F02P 5/00 F02D 13/02 F02D 43/00 G05B 17/00 F02D 21/08 F02B 37/00
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	安井 裕司
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	東谷 幸祐
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	田上 裕
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	齋藤 光宣
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	佐藤 正浩
【特許出願人】	
【識別番号】	000005326
【氏名又は名称】	本田技研工業株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100095566
【弁理士】	
【氏名又は名称】	高橋 友雄
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	059455
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

複数の制御入力により制御対象の出力を制御する制御装置であって、

当該制御対象の状態に応じて、前記制御対象の出力の目標となる目標値を算出する目標値算出手段と、

当該算出された目標値に所定のフィルタリング処理を施すことにより、前記目標値に対する前記制御対象の出力の追従応答性を設定するための 1 つのフィルタリング目標値を算出するフィルタリング目標値算出手段と、

前記複数の制御入力をそれぞれ、前記制御対象の出力が前記算出された 1 つのフィルタリング目標値に収束するように、所定の複数のフィードバック制御アルゴリズムに基づいて算出する制御入力算出手段と、

を備えることを特徴とする制御装置。

【請求項 2】

前記フィルタリング目標値算出手段は、前記 1 つのフィルタリング目標値を、前記目標値の変化度合いが大きいほど、前記目標値に対する前記制御対象の出力の追従応答性がより高くなるように算出することを特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記所定の複数のフィードバック制御アルゴリズムはそれぞれ、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムで構成され、

前記制御入力算出手段は、前記複数の制御入力を、当該所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、前記 1 つのフィルタリング目標値に対する前記制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する 1 つの線形関数を共用しながら、算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】

複数の制御入力により制御対象の出力を制御する制御装置であって、

当該制御対象の状態に応じて、前記制御対象の出力の目標となる目標値を算出する目標値算出手段と、

前記複数の制御入力をそれぞれ、前記制御対象の出力が前記算出された目標値に収束するように、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムに基づき、当該所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、前記目標値に対する前記制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する 1 つの線形関数を共用しながら、算出する制御入力算出手段と、

を備えることを特徴とする制御装置。

【請求項 5】

前記制御入力算出手段は、前記複数の制御入力の各々の算出に用いるゲインを、前記 1 つの線形関数の値に応じて設定することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記制御入力算出手段は、前記複数の制御入力の少なくとも 1 つを、前記 1 つの線形関数の積分値に応じて、当該 1 つの線形関数の積分値に忘却処理を施しながら、算出することを特徴とする請求項 3 ないし 5 のいずれかに記載の制御装置。

【請求項 7】

前記制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値の各々を、当該各外乱推定値と前記複数の制御入力の各々と前記制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより、算出する外乱推定値算出手段をさらに備え、

当該所定の推定アルゴリズムでは、前記 1 つの線形関数の値に応じて、前記各外乱推定値の推定ゲインが設定され、

前記制御入力算出手段は、前記各制御入力を前記各外乱推定値に応じて算出することを特徴とする請求項 3 ないし 6 のいずれかに記載の制御装置。

【請求項 8】

前記制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値の各々を、当該各外乱推定値と前記複数の制御入力 of 各々と前記制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより、算出する外乱推定値算出手段をさらに備え、

当該所定の推定アルゴリズムでは、前記複数の外乱推定値の少なくとも 1 つに所定の忘却処理が施され、

前記制御入力算出手段は、前記各制御入力を前記各外乱推定値に応じて算出することを特徴とする請求項 3 ないし 6 のいずれかに記載の制御装置。

【請求項 9】

前記制御対象の出力は、内燃機関の回転数であり、

前記複数の制御入力は、前記内燃機関の吸入空気量を制御するための制御入力、および前記内燃機関の点火時期を制御するための制御入力で構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の制御装置。

【請求項 10】

前記制御対象の出力は、内燃機関の吸入空気量であり、

前記複数の制御入力は、前記内燃機関の過給圧を制御するための制御入力、および前記内燃機関の EGR 量を制御するための制御入力で構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の制御装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 制御装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の制御入力により制御対象の出力をフィードバック制御する制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、内燃機関のアイドル運転中に機関回転数をフィードバック制御する制御装置として、特許文献1に記載されたものが知られている。この内燃機関は、スロットル弁をバイパスするバイパス通路と、このバイパス通路を開閉するアイドル調整弁と、点火コイルなどを備えている。この制御装置では、以下のように、アイドル運転中、機関回転数が目標回転数に収束するように、吸入空気量および点火時期がいずれも制御される。

【0003】

具体的には、まず、アイドル運転中、目標回転数、基本吸入空気量および基本点火時期をそれぞれ、運転状態に応じて設定する。次いで、実際の機関回転数と目標回転数との回転数偏差を算出し、この回転数偏差に基づいて、吸入空気量および点火時期のフィードバック補正量をそれぞれ算出する。そして、アイドル調整弁への制御入力を、基本吸入空気量と吸入空気量のフィードバック補正量との和に応じた値として算出し、点火プラグへの制御入力を、基本点火時期と点火時期のフィードバック補正量との和に応じた値として算出する。さらに、これらの制御入力に応じた駆動信号でアイドル調整弁および点火プラグにそれぞれ駆動することにより、吸入空気量および点火時期がいずれも制御され、それにより、機関回転数が目標回転数に収束するようにフィードバック制御される。

【0004】

【特許文献1】 特開平5-222997号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来の制御装置によれば、2つの制御入力による2つの制御処理により、機関回転数をフィードバック制御しているものの、これらの制御処理の特性が互いに異なるため、2つの制御処理が互いに干渉し合うおそれがある。すなわち、点火時期を制御した場合、その応答遅れが小さく、無駄時間が小さいので、機関回転数を目標回転数に迅速に収束させることができる。また、制御の分解能が高い（最小の制御入力に対する機関回転数の変化度合いが小さい）ので、良好な制御精度を確保できる反面、内燃機関の運転状態が悪化するのを回避する観点から、点火時期の変更幅が規制されてしまう。例えば、アイドル運転中、運転者による空ぶかしなどにより、目標回転数が一時的に急上昇したときなどには、それに応じて点火時期を制御すると、点火時期のリタード量が過大になり、燃焼効率が低下してしまうおそれがあるため、これを回避する観点から、点火時期の変更幅が規制される。

【0006】

一方、吸入空気量を制御した場合、制御の分解能が点火時期制御処理と比べて低く、目標回転数の大幅な変化に対しても対応できる反面、点火時期制御処理と比べて、機関回転数をきめ細かく制御することができず、制御精度が低くなってしまう。これに加えて、点火時期のフィードバック制御処理と比べて、応答遅れが大きく、無駄時間が大きいので、機関回転数の目標回転数への収束性が悪いという特性がある。

【0007】

上記従来の制御装置では、以上のような、2つの制御処理の特性の差異に起因して、2つの制御処理が互いに干渉し合うことで、制御の安定性および制御精度がいずれも低下するおそれがある。

【0008】

これに加えて、P I 制御などの一般的なフィードバック制御手法では、上述したような、目標回転数の急激な変化が発生した場合、機関回転数の目標回転数へのオーバーシュートまたはアンダーシュートが発生しやすく、振動的な挙動を生じやすいとともに、それを回避しようとする、機関回転数の目標回転数への収束速度が遅くなってしまう。すなわち、機関回転数の目標回転数に対する収束挙動および収束速度をいずれも良好な状態に確保するのが困難であり、その結果、制御の安定性および制御精度がいずれもより一層、低下してしまう。

【0009】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、複数の制御入力により制御対象の出力をフィードバック制御する場合において、制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、複数の制御入力（点火制御入力 U_{sl-i} g、吸気制御入力 U_{sl-a} r、EGR制御入力 U_{sl-e} g、過給圧制御入力 U_{sl-v} t）により制御対象の出力（エンジン回転数 N_E 、吸入空気量 G_{cy} l）を制御する制御装置1、1A、1Bであって、制御対象の状態（エンジン水温 T_W 、エアコンディショナーの作動／停止状態、交流発電機の作動／停止状態、パワーステアリングポンプの作動／停止状態、エンジン回転数 N_E 、アクセル開度 AP ）に応じて、制御対象の出力の目標となる目標値（目標回転数 N_E-cmd 、目標吸入空気量 $G_{cy}l-cmd$ ）を算出する目標値算出手段（ECU2、目標値算出部71、101、201、ステップ3）と、算出された目標値に所定のフィルタリング処理【式（1）、（22）、（39）】を施すことにより、目標値に対する制御対象の出力の追従応答性を設定するための1つのフィルタリング目標値（フィルタリング値 $N_E-cmd-f$ 、 $G_{cy}l-cmd-f$ ）を算出するフィルタリング目標値算出手段（ECU2、目標値追従応答設定部72、102、202、目標値フィルタ81、111、211、ステップ4、5）と、複数の制御入力をそれぞれ、制御対象の出力が算出された1つのフィルタリング目標値に収束するように、所定の複数のフィードバック制御アルゴリズム【式（2）～（12）、（23）～（36）、（40）～（46）、（48）～（51）】に基づいて算出する制御入力算出手段（ECU2、アイドル回転数コントローラ70、100、協調吸入空気量コントローラ200）と、を備えることを特徴とする。

【0011】

この制御装置によれば、制御対象の出力の目標となる目標値が、制御対象の状態に応じて算出され、目標値に対する制御対象の出力の追従応答性を設定するための1つのフィルタリング目標値が、算出された目標値に所定のフィルタリング処理を施すことにより算出され、複数の制御入力がそれぞれ、制御対象の出力が算出された1つのフィルタリング目標値に収束するように、所定の複数のフィードバック制御アルゴリズムに基づいて算出される。このように、目標値フィルタ型2自由度制御アルゴリズムに基づいて、複数の制御入力が算出されるので、所定のフィルタリング処理の内容と、所定の複数のフィードバック制御処理の内容とを互いに独立して設定できることで、目標値に対する制御対象の出力の追従応答性、および外乱などによって生じる目標値と制御対象の出力との偏差の収束挙動を別個に設定できる。すなわち、目標値に施す所定のフィルタリング処理を適切に設定することにより、目標値に対する制御対象の出力の良好な追従応答性を確保できると同時に、所定の複数のフィードバック制御処理の内容を適切に設定することにより、制御対象の出力を、オーバーシュートおよび振動的な挙動を生じることなく、目標値に収束させることができ、制御対象の出力の目標値への収束挙動を安定させることができる。これに加えて、複数の制御入力の各々が、1つのフィルタリング目標値を共用しながら算出されるので、複数の制御入力による複数のフィードバック制御処理が互いに干渉し合うのを回避することができる。以上により、制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる。

【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の制御装置1，1A，1Bにおいて、フィルタリング目標値算出手段は、1つのフィルタリング目標値を、目標値の変化度合い（偏差絶対値ADNE，ADGCL）が大きいほど、目標値に対する制御対象の出力の追従応答性がより高くなるように算出する（目標値フィルタ設定パラメータ $POL E - f$ ， $POL E - f *$ をより大きな値に設定する）ことを特徴とする（図10，34）。

【0013】

この制御装置によれば、1つのフィルタリング目標値が、目標値の変化度合いが大きいほど、目標値に対する制御対象の出力の追従応答性がより高くなるように算出されるので、制御対象の状態変化が大きいことで、目標値が大きく変化する場合でも、制御対象の出力を、そのような目標値の大きな変化に精度よく追従させることができる。その結果、制御精度をさらに向上させることができる。

【0014】

請求項3に係る発明は、請求項1または2に記載の制御装置1，1A，1Bにおいて、所定の複数のフィードバック制御アルゴリズムはそれぞれ、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムで構成され、制御入力算出手段は、複数の制御入力を、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、1つのフィルタリング目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数（切換関数 σne ， $\sigma g c y l$ ）を共用しながら、算出することを特徴とする。

【0015】

この制御装置によれば、複数の制御入力が、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムに基づき、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、1つのフィルタリング目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数を共用しながら、算出されるので、制御対象の出力を、応答指定型制御アルゴリズムの特徴である、1つの線形関数により規定された収束挙動および収束速度で、1つのフィルタリング目標値に収束させることができ、その結果、制御対象の出力を、そのような収束挙動および収束速度で目標値に収束させることができる。これにより、2自由度制御アルゴリズムにおけるフィードバック制御アルゴリズムとして、PID制御などの一般的なフィードバック制御アルゴリズムを用いる場合と比べて、制御の安定性および制御精度を向上させることができる。これに加えて、複数の制御入力の各々が、上述した1つの線形関数を共用しながら算出されるので、複数の制御入力が、1つのフィルタリング目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度が互いに同じになるように算出されることにより、複数の制御入力による複数の応答指定型制御処理が互いに干渉し合うのを回避しながら、制御対象の出力を制御することができる。以上により、制御の安定性および制御精度をさらに向上させることができる。

【0016】

請求項4に係る発明は、複数の制御入力（点火制御入力 $U s l - i g$ 、吸気制御入力 $U s l - a r$ 、EGR制御入力 $U s l - e g$ 、過給圧制御入力 $U s l - v t$ ）により制御対象の出力（エンジン回転数NE、吸入空気量Gcyl）を制御する制御装置1，1A，1Bであって、制御対象の状態（エンジン水温TW、エアコンディショナーの作動／停止状態、交流発電機の作動／停止状態、パワーステアリングポンプの作動／停止状態、エンジン回転数NE、アクセル開度AP）に応じて、制御対象の出力の目標となる目標値（目標回転数 $NE - c m d$ 、目標吸入空気量 $G c y l - c m d$ ）を算出する目標値算出手段（ECU2、目標値算出部71，101，201、ステップ3）と、複数の制御入力をそれぞれ、制御対象の出力が算出された目標値に収束するように、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズム【式（1）～（12），（22）～（36），（39）～（46），（48）～（51）】に基づき、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数（切換関数 σne ， $\sigma g c y l$ ）を共用しながら、算出する制御入力算出手段（ECU2、アイドル回転数コントローラ70，100、協調吸入空気量コントローラ200）と、を備えること

を特徴とする。

【0017】

この制御装置によれば、制御対象の出力の目標となる目標値が、制御対象の状態に応じて算出され、複数の制御入力それぞれ、制御対象の出力が算出された目標値に収束するように、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムに基づき、所定の複数の応答指定型制御アルゴリズムにおいて、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数を共用しながら、算出される。これにより、複数の制御入力、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度が互いに同じになるように算出されることによって、複数の制御入力による複数の応答指定型制御処理が互いに干渉し合うのを回避しながら、制御対象の出力を制御することができる。その結果、制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる。

【0018】

請求項5に係る発明は、請求項3または4に記載の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、複数の制御入力の各々の算出に用いるゲイン（到達則ゲイン K_{rch-ig} 、 K_{rch-ar} 、 K_{rch-eg} 、 K_{rch-vt} 、適応則ゲイン K_{adp-ig} 、 K_{adp-ar} 、 K_{adp-eg} 、 K_{adp-vt} ）を、1つの線形関数（切換関数 σ_{ne} 、 σ_{gcy1} ）の値に応じて設定する（図13、14、29、30、35、36）ことを特徴とする。

【0019】

一般に、応答指定型制御アルゴリズムでは、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数の値が小さい場合、目標値と制御対象の出力との乖離度合いが小さいことで、制御精度の観点から分解能の高い（最小の制御入力に対する制御対象の出力の変化度合いが小さい）制御を行うことが望ましい。一方、1つの線形関数の値が大きい場合、目標値と制御対象の出力との乖離度合いが大きいことで、応答性の観点から分解能の低い（最小の制御入力に対する制御対象の出力の変化度合いが大きい）制御を行うことが望ましい。これに対して、この制御装置によれば、複数の制御入力の各々の算出に用いるゲインが、1つの線形関数の値に応じて設定されるので、例えば、複数の制御入力による制御の分解能が互いに異なる場合、複数の制御入力の算出において、線形関数の値が小さいときには、制御の分解能が高い方の算出に用いるゲインを、分解能が低い方の制御入力のものよりも大きな値に設定することにより、分解能が高い方の制御の寄与度合いが高くなり、これがメイン側の制御となることで、複数の制御が互いに干渉するのを回避しながら、制御精度を向上させることができる。一方、線形関数の値が大きいときには、制御の分解能が低い方の算出に用いるゲインを、分解能が高い方の制御入力のものよりも大きな値に設定することにより、分解能が低い方の制御の寄与度合いが高くなり、これがメイン側の制御となることで、複数の制御が互いに干渉するのを回避しながら、制御の応答性を向上させることができる。

【0020】

請求項6に係る発明は、請求項3ないし5のいずれかに記載の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御入力算出手段は、複数の制御入力の少なくとも1つを、1つの線形関数の積分値（忘却積分値 $\text{sum-}\sigma_{ne}$ 、 $\text{sum-}\sigma_{gcy1}$ ）に応じて、1つの線形関数の積分値に忘却処理【式（6）、（44）】を施しながら、算出することを特徴とする。

【0021】

この制御装置によれば、複数の制御入力の少なくとも1つが、1つの線形関数の積分値に応じて、1つの線形関数の積分値に忘却処理を施しながら、算出されるので、1つの線形関数の積分値の増大が回避されることで、少なくとも1つの制御入力の絶対値が増大するのを回避できる。それにより、少なくとも1つの制御入力の絶対値が増大すると、制御対象の稼働効率が低下する場合、そのような稼働効率の低下を回避することができる。

【0022】

請求項7に係る発明は、請求項3ないし6のいずれかに記載の制御装置1、1A、1Bにおいて、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値

c l — i g, c l — a r の各々を、各外乱推定値と複数の制御入力 of 各々と制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズム【式（28）～（30），（34）～（36）】により、算出する外乱推定値算出手段（E C U 2、適応外乱オブザーバ 114，124）をさらに備え、所定の推定アルゴリズムでは、1つの線形関数の値に応じて、各外乱推定値の推定ゲイン P — i g, P — a r が設定され（図29，30）、制御入力算出手段は、各制御入力を各外乱推定値に応じて算出することを特徴とする。

【0023】

この制御装置によれば、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値の各々が、各外乱推定値と複数の制御入力 of 各々と制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより、算出されるとともに、各外乱推定値に応じて、各制御入力が算出されるので、そのように算出された各制御入力により、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を適切に補償しながら、制御対象の出力を制御することができる。また、前述したように、応答指定型制御アルゴリズムでは、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を規定する1つの線形関数の値が小さい領域では、制御精度の観点から分解能の高い制御を行うことが望ましく、1つの線形関数の値が大きい領域では、応答性の観点から分解能の低い制御を行うことが望ましい。これに対して、所定の推定アルゴリズムでは、各外乱推定値の推定ゲインが、1つの線形関数の値に応じて設定されるので、例えば、複数の制御入力による制御の分解能が互いに異なる場合、複数の制御入力の算出において、線形関数の値が小さいときには、制御の分解能が高い方の算出に用いる外乱推定値の推定ゲインを、分解能が低い方の制御入力のものよりも大きな値に設定することにより、分解能が高い方の制御の寄与度合いが高くなり、これがメイン側の制御となることで、複数の制御が互いに干渉するのを回避しながら、制御精度を向上させることができる。一方、線形関数の値が大きいときには、制御の分解能が低い方の算出に用いる外乱推定値の推定ゲインを、分解能が高い方の制御入力のものよりも大きな値に設定することにより、分解能が低い方の制御の寄与度合いが高くなり、これがメイン側の制御となることで、複数の制御が互いに干渉するのを回避しながら、制御の応答性を向上させることができる。

【0024】

請求項8に係る発明は、請求項3ないし6のいずれかに記載の制御装置1，1A，1Bにおいて、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値 c l — i g, c l — a r の各々を、各外乱推定値と複数の制御入力 of 各々と制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズム【式（28）～（30），（34）～（36）】により、算出する外乱推定値算出手段（E C U 2、適応外乱オブザーバ 114，124）をさらに備え、所定の推定アルゴリズムでは、複数の外乱推定値の少なくとも1つに所定の忘却処理【式（30）】が施され、制御入力算出手段は、各制御入力を各外乱推定値に応じて算出することを特徴とする。

【0025】

この制御装置によれば、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を補償するための複数の外乱推定値の各々が、各外乱推定値と複数の制御入力 of 各々と制御対象の出力との関係を定義したモデルに基づく所定の推定アルゴリズムにより、算出されるとともに、各外乱推定値に応じて、各制御入力が算出されるので、そのように算出された各制御入力により、制御対象が受ける外乱およびモデル化誤差を適切に補償しながら、制御対象の出力を制御することができる。これに加えて、所定の推定アルゴリズムでは、複数の外乱推定値の少なくとも1つに所定の忘却処理が施されるので、少なくとも1つの外乱推定値の増大が回避されることで、少なくとも1つの制御入力の絶対値が増大するのを回避できる。それにより、少なくとも1つの制御入力の絶対値が増大すると、制御対象の稼働効率が低下する場合、そのような稼働効率の低下を回避することができる。

【0026】

請求項9に係る発明は、請求項1ないし8のいずれかに記載の制御装置1，1Aにおいて、制御対象の出力は、内燃機関3の回転数 N E であり、複数の制御入力は、内燃機関の

吸入空気量を制御するための制御入力（吸気制御入力 U_{sl-air} ）、および内燃機関 3 の点火時期を制御するための制御入力（点火制御入力 U_{sl-ig} ）で構成されていることを特徴とする。

【0027】

この制御装置によれば、内燃機関の吸入空気量および点火時期をそれぞれ制御するための 2 つの制御入力により、内燃機関の回転数を、オーバーシュートなどを生じることなく、その目標値に適切に収束するようにフィードバック制御することができるとともに、吸入空気量制御および点火時期制御が互いに干渉し合うのを回避することができる。その結果、内燃機関の回転数制御の安定性および制御精度を向上させることができる。

【0028】

請求項 10 に係る発明は、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の制御装置 1B において、制御対象の出力は、内燃機関 3 の吸入空気量 G_{cy1} であり、複数の制御入力は、内燃機関 3 の過給圧を制御するための制御入力（過給圧制御入力 U_{sl-vt} ）、および内燃機関 3 の EGR 量を制御するための制御入力（EGR 制御入力 U_{sl-eg} ）で構成されていることを特徴とする。

【0029】

この制御装置によれば、内燃機関の過給圧および EGR 量をそれぞれ制御するための 2 つの制御入力により、内燃機関の吸入空気量を、オーバーシュートなどを生じることなく、その目標値に適切に収束するようにフィードバック制御することができるとともに、過給圧制御および EGR 制御が互いに干渉し合うのを回避することができる。その結果、内燃機関の吸入空気量制御の安定性および制御精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る制御装置が適用された内燃機関の概略構成を示す模式図である。

【図 2】制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 3】内燃機関の可変式吸気動弁機構および排気動弁機構の概略構成を示す断面図である。

【図 4】可変式吸気動弁機構の可変バルブリフト機構の概略構成を示す断面図である。

【図 5】（a）リフトアクチュエータの短アームが最大リフト位置にある状態と（b）最小リフト位置にある状態を示す図である。

【図 6】（a）可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態と（b）最小リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態を示す図である。

【図 7】可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁のバルブリフト曲線（実線）と、最小リフト位置にあるときのバルブリフト曲線（2 点鎖線）をそれぞれ示す図である。

【図 8】アイドル回転数コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 9】アイドル用基準値の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 10】目標値フィルタ設定パラメータの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 11】点火時期コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 12】吸入空気量コントローラの制御アルゴリズムの一部およびモデルを示す図である。

【図 13】点火時期制御用の到達則ゲインおよび適応則ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 14】吸入空気量制御用の到達則ゲインおよび適応則ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 15】制御領域を説明するための、位相平面および切換直線を示す図である。

【図 1 6】制御領域を説明するための、内燃機関の回転数および目標回転数の関係を示すタイミングチャートである。

【図 1 7】（a）第 1 実施形態のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示すタイミングチャートと、（b）～（d）比較例のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示すタイミングチャートである。

【図 1 8】第 1 実施形態のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示すタイミングチャートである。

【図 1 9】比較例のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示すタイミングチャートである。

【図 2 0】アイドル回転数制御処理を含む点火時期制御処理および吸入空気量制御処理の内容を示すフローチャートである。

【図 2 1】点火基準値の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 2 2】リフト基準値の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 2 3】リフト制御入力 of 算出に用いる制御アルゴリズムを示す図である。

【図 2 4】点火時期の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 2 5】目標バルブリフトの算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 2 6】本発明の第 2 実施形態に係る制御装置のアイドル回転数コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 2 7】点火時期コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 2 8】吸入空気量コントローラの制御アルゴリズムの一部およびモデルを示す図である。

【図 2 9】点火時期制御用の到達則ゲインおよび推定ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 3 0】吸入空気量制御用の到達則ゲインおよび推定ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 3 1】本発明の第 3 実施形態に係る制御装置およびこれが適用された内燃機関の概略構成を示す模式図である。

【図 3 2】協調吸入空気量コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図 3 3】目標吸入空気量の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 3 4】目標値フィルタ設定パラメータの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 3 5】EGR 制御用の到達則ゲインおよび適応則ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 3 6】過給圧制御用の到達則ゲインおよび適応則ゲインの算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図 3 7】EGR コントローラの制御アルゴリズムを示す図である。

【図 3 8】過給圧コントローラの制御アルゴリズムの一部およびモデルを示す図である。

【図 3 9】EGR 基準値の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図 4 0】過給圧基準値の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、図面を参照しながら、本発明の第 1 実施形態に係る制御装置について説明する。この制御装置 1 は、図 2 に示すように、ECU 2 を備えており、この ECU 2 は、後述するように、内燃機関（以下「エンジン」という）3 の運転状態に応じて、アイドル回転数制御などの制御処理を実行する。

【0032】

図 1 および図 3 に示すように、エンジン 3 は、多数組のシリンダ 3 a およびピストン 3 b（1 組のみ図示）を有する直列多気筒ガソリンエンジンであり、図示しない車両に搭載されている。エンジン 3 は、シリンダ 3 a ごとに設けられ、吸気ポートおよび排気ポート

をそれぞれ開閉する吸気弁４および排気弁７と、吸気弁４駆動用の吸気カムシャフト５および吸気カム６と、吸気弁４を開閉駆動する可変式吸気動弁機構４０と、排気弁７駆動用の排気カムシャフト８および排気カム９と、排気弁７を開閉駆動する排気動弁機構３０などを備えている。

【００３３】

吸気弁４は、そのステム４ａがガイド４ｂに摺動自在に嵌合しており、このガイド４ｂは、シリンダヘッド３ｃに固定されている。さらに、吸気弁４は、図４に示すように、上下のスプリングシート４ｃ、４ｄと、これらの間に設けられたバルブスプリング４ｅとを備えており、このバルブスプリング４ｅにより、閉弁方向に付勢されている。

【００３４】

また、吸気カムシャフト５および排気カムシャフト８はそれぞれ、図示しないホルダを介して、シリンダヘッド３ｃに回転自在に取り付けられている。この吸気カムシャフト５は、その一端部に吸気スプロケット（図示せず）が同軸に固定されており、この吸気スプロケットおよびタイミングベルト（図示せず）を介して、クランクシャフト３ｄに連結されている。これにより、吸気カムシャフト５は、クランクシャフト３ｄが２回転するごとに１回転する。また、吸気カム６は、吸気カムシャフト５上にこれと一体に回転するようにシリンダ３ａごとに設けられている。

【００３５】

さらに、可変式吸気動弁機構４０は、吸気カムシャフト５の回転に伴って、各シリンダ３ａの吸気弁４を開閉駆動するとともに、吸気弁４のリフトを無段階に変更することにより、吸入空気量を変更するものであり、その詳細については、後述する。なお、本実施形態では、「吸気弁４のリフト（以下「バルブリフト」という）」は、吸気弁４の最大揚程を表すものとする。

【００３６】

一方、排気弁７は、そのステム７ａがガイド７ｂに摺動自在に嵌合しており、このガイド７ｂは、シリンダヘッド３ｃに固定されている。さらに、排気弁７は、上下のスプリングシート７ｃ、７ｄと、これらの間に設けられたバルブスプリング７ｅとを備えており、このバルブスプリング７ｅにより、閉弁方向に付勢されている。

【００３７】

また、排気カムシャフト８は、これと一体の排気スプロケット（図示せず）を備え、この排気スプロケットおよび図示しないタイミングベルトを介してクランクシャフト３ｄに連結されており、それにより、クランクシャフト３ｄが２回転するごとに１回転する。さらに、排気カム９は、排気カムシャフト８上にこれと一体に回転するようにシリンダ３ａごとに設けられている。

【００３８】

さらに、排気動弁機構３０は、ロッカアーム３１を備えており、このロッカアーム３１が排気カム９の回転に伴って回転することにより、バルブスプリング７ｅの付勢力に抗しながら、排気弁７を開閉駆動する。

【００３９】

また、エンジン３には、クランク角センサ２０および水温センサ２１がそれぞれ設けられている。このクランク角センサ２０は、クランクシャフト３ｄの回転に伴い、いずれもパルス信号であるＣＲＫ信号およびＴＤＣ信号をＥＣＵ２に出力する。このＣＲＫ信号は、所定のクランク角（例えば１０°）ごとに１パルスが出力され、ＥＣＵ２は、このＣＲＫ信号に基づき、エンジン３の回転数（以下「エンジン回転数」という）ＮＥを算出する。また、ＴＤＣ信号は、各シリンダ３ａのピストン３ｂが吸気行程のＴＤＣ位置よりも若干、手前の所定のクランク角位置にあることを表す信号であり、所定クランク角ごとに１パルスが出力される。

【００４０】

一方、水温センサ２１は、エンジン３のシリンダブロック３ｆに取り付けられたサーミスタなどで構成されており、シリンダブロック３ｆ内を循環する冷却水の温度であるエン

ジン水温 T W を表す検出信号を E C U 2 に出力する。

【 0 0 4 1 】

また、エンジン 3 の吸気管 1 0 には、上流側から順に、エアフローセンサ 2 2、スロットル弁機構 1 1、吸気管内絶対圧センサ 2 3 および燃料噴射弁 1 2 などが設けられている。このエアフローセンサ 2 2 は、熱線式エアフローメータで構成されており、吸入空気量 G c y 1 を表す検出信号を E C U 2 に出力する。

【 0 0 4 2 】

また、スロットル弁機構 1 1 は、スロットル弁 1 1 a およびこれを開閉駆動する T H アクチュエータ 1 1 b などを備えている。スロットル弁 1 1 a は、吸気管 1 0 の途中に回転自在に設けられており、当該回転に伴う開度の変化により吸入空気量 G c y 1 を変化させる。T H アクチュエータ 1 1 b は、E C U 2 に接続されたモータにギヤ機構（いずれも図示せず）を組み合わせたものであり、E C U 2 からの駆動信号によって駆動されることにより、スロットル弁 1 1 a の開度を変化させる。

【 0 0 4 3 】

E C U 2 は、通常運転時、スロットル弁 1 1 a を全開状態に保持するとともに、可変式吸気動弁機構 4 0 の故障時またはマスタバック（図示せず）への負圧供給時には、スロットル弁 1 1 a の開度を制御する。

【 0 0 4 4 】

また、吸気管 1 0 のスロットル弁 1 1 a よりも下流側の部分は、サージタンク 1 0 a になっており、このサージタンク 1 0 a に、吸気管内絶対圧センサ 2 3 が設けられている。この吸気管内絶対圧センサ 2 3 は、例えば半導体圧力センサなどで構成され、吸気管 1 0 内の絶対圧（以下「吸気管内絶対圧」という）P B A を表す検出信号を E C U 2 に出力する。

【 0 0 4 5 】

さらに、燃料噴射弁 1 2 は、E C U 2 からの、燃料噴射量に応じた駆動信号によって駆動され、燃料を吸気管 1 0 内に噴射する。

【 0 0 4 6 】

また、エンジン 3 のシリンダヘッド 3 c には、点火プラグ 1 3（図 2 参照）が取り付けられている。この点火プラグ 1 3 は、図示しない点火コイルを介して E C U 2 に接続されており、E C U 2 からの駆動信号（電圧信号）が、後述する点火時期 I g — l o g に応じたタイミングで加えられることで放電し、燃焼室内の混合気を燃焼させる。

【 0 0 4 7 】

次に、前述した可変式吸気動弁機構 4 0 について説明する。この可変式吸気動弁機構 4 0 は、図 4 に示すように、吸気カムシャフト 5、吸気カム 6 および可変バルブリフト機構 5 0 などで構成されている。

【 0 0 4 8 】

この可変バルブリフト機構 5 0 は、吸気カムシャフト 5 の回転に伴って吸気弁 4 を開閉駆動するとともに、バルブリフト L i f t i n を無段階に変更することで、吸入空気量 G c y 1 を無段階に変更するものであり、シリンダ 3 a ごとに設けられた四節リンク式のロッカアーム機構 5 1 と、これらのロッカアーム機構 5 1 を同時に駆動するリフトアクチュエータ 6 0（図 5 参照）などを備えている。

【 0 0 4 9 】

各ロッカアーム機構 5 1 は、ロッカアーム 5 2 および上下のリンク 5 3、5 4 などで構成されている。この上リンク 5 3 の一端部は、上ピン 5 5 を介して、ロッカアーム 5 2 の上端部に回転自在に取り付けられており、他端部は、ロッカアームシャフト 5 6 に回転自在に取り付けられている。このロッカアームシャフト 5 6 は、図示しないホルダを介して、シリンダヘッド 3 c に取り付けられている。

【 0 0 5 0 】

また、ロッカアーム 5 2 の上ピン 5 5 上には、ローラ 5 7 が回転自在に設けられている。このローラ 5 7 は、吸気カム 6 のカム面に当接しており、吸気カム 6 が回転する際、そ

のカム面に案内されながら吸気カム 6 上を転動する。これにより、ロッカアーム 5 2 は上下方向に駆動されるとともに、上リンク 5 3 が、ロッカアームシャフト 5 6 を中心として回転する。

【0051】

さらに、ロッカアーム 5 2 の吸気弁 4 側の端部には、アジャストボルト 5 2 a が取り付けられている。このアジャストボルト 5 2 a は、吸気カム 6 の回転に伴ってロッカアーム 5 2 が上下方向に移動すると、バルブスプリング 4 e の付勢力に抗しながら、ステム 4 a を上下方向に駆動し、吸気弁 4 を開閉する。

【0052】

また、下リンク 5 4 の一端部は、下ピン 5 8 を介して、ロッカアーム 5 2 の下端部に回転自在に取り付けられており、下リンク 5 4 の他端部には、連結ピン 5 9 が回転自在に取り付けられている。下リンク 5 4 は、この連結ピン 5 9 を介して、リフトアクチュエータ 6 0 の後述する短アーム 6 5 に連結されている。

【0053】

一方、リフトアクチュエータ 6 0 は、図 5 に示すように、モータ 6 1、ナット 6 2、リンク 6 3、長アーム 6 4 および短アーム 6 5などを備えている。このモータ 6 1 は、ECU 2 に接続され、エンジン 3 のヘッドカバー 3 e の外側に配置されている。モータ 6 1 の回転軸は、雄ねじが形成されたねじ軸 6 1 a になっており、このねじ軸 6 1 a に、ナット 6 2 が螺合している。このナット 6 2 は、リンク 6 3 を介して、長アーム 6 4 に連結されている。このリンク 6 3 の一端部は、ピン 6 3 a を介して、ナット 6 2 に回転自在に取り付けられ、他端部は、ピン 6 3 b を介して、長アーム 6 4 の一端部に回転自在に取り付けられている。

【0054】

また、長アーム 6 4 の他端部は、回転軸 6 6 を介して短アーム 6 5 の一端部に取り付けられている。この回転軸 6 6 は、断面円形に形成され、エンジン 3 のヘッドカバー 3 e を貫通しているとともに、これに回転自在に支持されている。この回転軸 6 6 の回転に伴い、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 はこれと一体に回転する。

【0055】

さらに、短アーム 6 5 の他端部には、前述した連結ピン 5 9 が回転自在に取り付けられており、これにより、短アーム 6 5 は、連結ピン 5 9 を介して、下リンク 5 4 に連結されている。

【0056】

次に、以上のように構成された可変バルブリフト機構 5 0 の動作について説明する。この可変バルブリフト機構 5 0 では、後述するリフト制御入力 U l i f t i n に応じた駆動信号が ECU 2 からリフトアクチュエータ 6 0 に入力されると、ねじ軸 6 1 a が回転し、それに伴うナット 6 2 の移動により、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 が回転軸 6 6 を中心として回転するとともに、この短アーム 6 5 の回転に伴って、ロッカアーム機構 5 1 の下リンク 5 4 が、下ピン 5 8 を中心として回転する。すなわち、リフトアクチュエータ 6 0 により、下リンク 5 4 が駆動される。

【0057】

その際、ECU 2 による制御により、短アーム 6 5 の回転範囲は、図 5 (a) に示す最大リフト位置と図 5 (b) に示す最小リフト位置との間に規制され、それにより、下リンク 5 4 の回転範囲も、図 4 に実線で示す最大リフト位置と、図 4 に 2 点鎖線で示す最小リフト位置との間に規制される。

【0058】

下リンク 5 4 が最大リフト位置にある場合、ロッカアームシャフト 5 6、上下のピン 5 5、5 8 および連結ピン 5 9 によって構成される四節リンクでは、上ピン 5 5 および下ピン 5 8 の中心間の距離が、ロッカアームシャフト 5 6 および連結ピン 5 9 の中心間の距離よりも短くなるように構成されており、それにより、図 6 (a) に示すように、吸気カム 6 が回転すると、これとローラ 5 7 との当接点の移動量よりも、アジャストボルト 5 2 a

の移動量の方が大きくなる。

【0059】

一方、下リンク54が最小リフト位置にある場合、上記四節リンクでは、上ピン55および下ピン58の中心間の距離が、ロッカアームシャフト56および連結ピン59の中心間の距離よりも長くなるように構成されており、それにより、図6(b)に示すように、吸気カム6が回転すると、これとローラ57との当接点の移動量よりも、アジャストボルト52aの移動量の方が小さくなる。

【0060】

以上の理由により、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、最小リフト位置にあるときよりも大きなバルブリフト $Liftin$ で開弁する。具体的には、吸気カム6の回転中、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、図7の実線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフト $Liftin$ は、その最大値 $Liftinmax$ を示す。一方、下リンク54が最小リフト位置にあるときには、図7の2点鎖線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフト $Liftin$ は、その最小値 $Liftinmin$ を示す。

【0061】

したがって、この可変バルブリフト機構50では、アクチュエータ60を介して、下リンク54を最大リフト位置と最小リフト位置との間で回転させることにより、バルブリフト $Liftin$ を、最大値 $Liftinmax$ と最小値 $Liftinmin$ との間で無段階に変化させ、それにより、吸入空気量 $Gcyl$ を所定範囲内で無段階に変化させることができる。

【0062】

また、エンジン3には、回転角センサ24が設けられており（図2参照）、この回転角センサ24は、回転軸66すなわち短アーム65の回転角を表す検出信号をECU2に出力する。ECU2は、この回転角センサ24の検出信号に基づき、バルブリフト $Liftin$ を算出する。

【0063】

さらに、図2に示すように、ECU2には、アクセル開度センサ25、車速センサ26、エアコン・スイッチ（以下「AC・SW」という）27、交流発電機・スイッチ（以下「ACG・SW」という）28およびパワーステアリングポンプ・スイッチ（以下「PSP・SW」という）29がそれぞれ接続されている。

【0064】

このアクセル開度センサ25は、車両の図示しないアクセルペダルの踏み込み量（以下「アクセル開度」という）APを表す検出信号をECU2に出力する。また、車速センサ26は、車両の図示しない車軸に取り付けられており、車両の走行速度である車速VPを表す検出信号をECU2に出力する。

【0065】

さらに、AC・SW27は、図示しないエアコンディショナーが作動中のときにはON信号をECU2に出力し、停止中のときにはOFF信号を出力する。また、ACG・SW28は、図示しない交流発電機が作動中のときにはON信号をECU2に出力し、停止中のときにはOFF信号を出力する。さらに、PSP・SW29は、図示しないパワーステアリングポンプが作動中のときにはON信号をECU2に出力し、停止中のときにはOFF信号を出力する。なお、本実施形態では、エアコンディショナー、交流発電機およびパワーステアリングポンプの作動／停止状態や、エンジン水温TWが制御対象の状態に相当する。

【0066】

ECU2は、CPU、RAM、ROMおよびI/Oインターフェース（いずれも図示せず）などからなるマイクロコンピュータで構成されており、前述した各種のセンサ20～26の検出信号および各種のスイッチ27～29のON／OFF信号などに応じて、エンジン3の運転状態を判別するとともに、アイドル回転数制御を含む各種の制御処理を実行

する。このアイドル回転数制御では、ECU2は、後述するように、アイドル運転中、可変バルブリフト機構50を介してバルブリフトLiftすなわち吸入空気量Gcylを制御すると同時に、点火プラグ13を介して点火時期Ign-logを制御し、それにより、エンジン回転数NEを制御する。

【0067】

なお、本実施形態では、ECU2により、目標値算出手段、フィルタリング目標値算出手段、制御入力算出手段および外乱推定値算出手段が構成されている。

【0068】

次に、図8を参照しながら、本実施形態の制御装置1について説明する。同図に示すように、この制御装置1は、アイドル回転数コントローラ70を備えており、このアイドル回転数コントローラ70（制御入力算出手段）は、具体的にはECU2により構成されている。

【0069】

アイドル回転数コントローラ70では、以下に述べるように、協調型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、吸入空気量Gcylおよび点火時期Ign-logを互いに協調させながら制御するための、フィードバック補正項としての点火制御入力Us1-igおよび吸気制御入力Us1-arが算出され、これらの制御入力Us1-ig、Us1-arを制御対象69に入力することにより、アイドル運転中、エンジン回転数NEが目標回転数NE-cmdに収束するようにフィードバック制御される。すなわち、吸入空気量制御および点火時期制御を互いに協調させながら、アイドル回転数制御が行われる。なお、この制御対象69は、点火制御入力Us1-igおよび吸気制御入力Us1-arを入力とし、エンジン回転数NEを出力とする系として定義される。

【0070】

アイドル回転数コントローラ70は、目標値算出部71、目標値追従応答設定部72、協調ゲインスケジューラ73、点火時期コントローラ80および吸入空気量コントローラ90を備えている。

【0071】

まず、目標値算出部71（目標値算出手段）では、アイドル運転中、エンジン回転数NE（制御対象の出力）の目標値となる目標回転数NE-cmdが算出される。具体的には、まず、エンジン水温TWに応じて、図9に示すテーブルを検索することにより、アイドル用基準値NE-cmd-twを算出する。同図において、TW1、TW2は、TW1<TW2の関係が成立する所定値（例えばTW1=40℃、TW2=70℃）であり、NE-cmd1、NE-cmd2は、NE-cmd1>NE-cmd2の関係が成立する所定値である。このテーブルでは、アイドル用基準値NE-cmd-twは、TW<TW1の範囲では、所定値NE-cmd1に設定され、TW>TW2の範囲では、所定値NE-cmd2に設定されているとともに、TW1≤TW≤TW2の範囲では、エンジン水温TWが高いほど、より低い値に設定されている。これは、エンジン水温TWが高いときには、エンジン3の燃焼状態が安定することで、より低いエンジン回転数NEでアイドル運転を実行可能であることによる。

【0072】

次いで、上記のように算出したアイドル用基準値NE-cmd-twに、総補正項DNE-loadを加算することにより、目標回転数NE-cmdが算出される（NE-cmd=NE-cmd-tw+DNE-load）。この総補正項DNE-loadは、3つの補正項DNE1、DNE2、DNE3の和として算出され（DNE-load=DNE1+DNE2+DNE3）、これらの補正項DNE1、DNE2、DNE3はそれぞれ、3つのスイッチ27～29のON/OFF状態に応じて設定される、

【0073】

具体的には、補正項DNE1は、AC・SW27がON状態のときには所定値（例えば50rpm）に、OFF状態のときには値0に設定される。また、補正項DNE2は、ACG・SW28がON状態のときには所定値（例えば100rpm）に、OFF状態のと

きには値 0 に設定される。さらに、補正項 DNE 3 は、PSP・SW29 が ON 状態のときには所定値（例えば 100 rpm）に、OFF 状態のときには値 0 に設定される。

【0074】

また、目標値追従応答設定部 72（フィルタリング目標値算出手段）では、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f が、目標値算出部 71 で算出された目標回転数 NE-cmd の変化度合いに応じて算出される。この目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f は、目標回転数 NE-cmd に対するエンジン回転数 NE の追従応答性を設定するためのものであり、具体的には、偏差絶対値 ADNE（目標値の変化度合い）に応じて、図 10 に示すテーブルを検索することにより、算出される。この偏差絶対値 ADNE は、目標回転数の今回値 NE-cmd(k) と前回値 NE-cmd(k-1) との偏差の絶対値として算出される ($ADNE = |NE-cmd(k) - NE-cmd(k-1)|$)。また、同図の ADNE1, ADNE2 は、 $ADNE1 < ADNE2$ の関係が成立する所定値であり、POLE-f1, POLE-f2 は、 $POLE-f1 < POLE-f2$ の関係が成立する所定値である。

【0075】

同図 10 に示すように、このテーブルにおいては、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f は、 $ADNE1 \leq ADNE \leq ADNE2$ の範囲では、偏差絶対値 ADNE が大きいほど、より大きい値（より値 0 に近い値）に設定されている。これは、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f は、後述するように、目標値フィルタでのフィルタリング値 NE-cmd-f の算出において、目標回転数 NE-cmd に対するエンジン回転数 NE の追従応答性を設定するように用いられるので、偏差絶対値 ADNE が大きく、エンジン回転数 NE の変動状態が大きいときには、それに対応すべく、フィルタリング値 NE-cmd-f に対する目標回転数 NE-cmd の反映度合いを高めることで、目標回転数 NE-cmd に対するエンジン回転数 NE の追従応答性をより向上させるためである。

【0076】

また、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f は、 $ADNE < ADNE1$ の範囲では、所定値 POLE-f1 に設定され、 $ADNE > ADNE2$ の範囲では、所定値 POLE-f2 に設定されている。これは、エンジン回転数 NE の変動状態がかなり小さい場合またはかなり大きい場合、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f により、目標回転数 NE-cmd に対するエンジン回転数 NE の追従応答性を設定するのに限界があることによる。

【0077】

さらに、協調ゲインスケジューラ 73 では、点火制御入力 $Us1-ig$ の算出に用いる到達則ゲイン $Krch-ig$ および適応則ゲイン $Kadp-ig$ と、吸気制御入力 $Us1-ar$ の算出に用いる到達則ゲイン $Krch-ar$ および適応則ゲイン $Kadp-ar$ とがそれぞれ設定される。この協調ゲインスケジューラ 73 の詳細に関しては、後述する。

【0078】

次に、前述した点火時期コントローラ 80 について説明する。この点火時期コントローラ 80 は、以下に述べるように、目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、点火制御入力 $Us1-ig$ を算出するものであり、目標値フィルタ 81、切換関数算出部 82、等価制御入力算出部 83、到達則入力算出部 84、適応則入力算出部 85 および加算要素 86 で構成されている。

【0079】

この目標値フィルタ 81（フィルタリング目標値算出手段）では、前述した目標値算出部 71 で算出された目標回転数 NE-cmd、および目標値追従応答指定部 72 で設定された目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f を用い、図 11 の式 (1) に示す一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標回転数のフィルタリング値 NE-cmd-f（フィルタリング目標値）が算出される。これにより、フィルタリング値 NE-cmd-f は、目標回転数 NE-cmd に対して、目標値フィルタ設定パラメータ POLE-f の値により決定された一次遅れの追従応答性を示す値として算出される。

【0080】

なお、同式(1)において、記号(k)付きの各離散データは、所定の制御周期に同期してサンプリング(または算出)されたデータであることを示しており、記号kは各離散データのサンプリングサイクルの順番を表している。例えば、記号kは今回の制御タイミングでサンプリングされた値であることを、記号k-1は前回の制御タイミングでサンプリングされた値であることをそれぞれ示している。この点は、以下の離散データにおいても同様である。なお、以下の説明では、各離散データにおける記号(k)などを適宜、省略する。

【0081】

また、切換関数算出部82では、図11の式(2)、(3)により、切換関数 σ_{ne} が(線形関数)算出される。同式(2)において、 POL_E は、切換関数設定パラメータであり、 $-1 < POL_E < 0$ の範囲内の値に設定される。また、 E_{ne} は、追従誤差であり、式(3)に示すように、エンジン回転数の今回値 $NE(k)$ と、目標回転数の前回値 $NE_{cmd}(k-1)$ との偏差として定義される。

【0082】

なお、追従誤差 E_{ne} をこのように定義する理由は、 $E_{ne}(k) = NE(k) - NE_{cmd}(k)$ と定義すると、後述する等価制御入力 U_{eq-ig} 、 U_{eq-ar} の算出において、目標回転数の次回値 $NE_{cmd}(k+1)$ が必要になるので、これを回避するためである。また、追従誤差 E_{ne} を式(3)のように定義した場合でも、後述するように、等価制御入力 U_{eq-ig} 、 U_{eq-ar} の算出において、目標回転数の今回値 $NE_{cmd}(k)$ が用いられ、これがフィードフォワード的に反映されることにより、点火制御入力 U_{sl-ig} および吸気制御入力 U_{sl-ar} をいずれも、目標回転数の今回値 $NE_{cmd}(k)$ が十分に反映された値として算出することができる。

【0083】

さらに、等価制御入力算出部83では、エンジン回転数 NE 、フィルタリング値 NE_{cmd-f} および切換関数設定パラメータ POL_E に基づき、図11の式(4)により、等価制御入力 U_{eq-ig} が算出される。同式(4)において、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 は、後述するモデル【図12の式(13)】のモデルパラメータである。

【0084】

一方、到達則入力算出部84では、協調ゲインスケジューラ73で設定された到達則ゲイン K_{rch-ig} を用い、図11の式(5)により、到達則入力 U_{rch-ig} が算出される。

【0085】

また、適応則入力算出部85では、図11の式(6)に示す忘却積分処理により、切換関数の積分値に忘却処理を施した値である忘却積分値 $sum-\sigma_{ne}$ が算出され、さらに、この忘却積分値 $sum-\sigma_{ne}$ および協調ゲインスケジューラ73で設定された適応則ゲイン K_{adp-ig} を用い、式(7)により、適応則入力 U_{adp-ig} が算出される。同式(6)において、 FGT は、忘却係数であり、 $0 < FGT < 1$ の範囲内の値に設定される。

【0086】

同式(6)に示すように、忘却係数 FGT は、切換関数の忘却積分値の前回値 $sum-\sigma_{ne}(k-1)$ に乗算されるので、同式(6)を漸化式により展開すると、 n 回前の値 $sum-\sigma_{ne}(k-n)$ に対しては、 FGT^n (≈ 0)が乗算されることになる。その結果、演算処理の進行に伴い、切換関数の忘却積分値 $sum-\sigma_{ne}$ は、値0に収束するようになり、適応則入力 U_{adp-ig} も値0に収束するようになる。このように、適応則入力 U_{adp-ig} を切換関数 σ_{ne} の忘却積分値 $sum-\sigma_{ne}$ を用いて算出することで、点火制御入力 U_{sl-ig} が遅角補正側の値に保持されることがなくなり、その結果、後述する点火時期制御において、点火時期 I_{g-log} がリタード状態に長時間、保持されることがなくなり、良好な燃焼状態を確保することができる。なお、点火時期 I_{g-log} がリタード側に長時間、保持されてもよい場合には、一般的なスライディングモ

ード制御アルゴリズムのように、式（６）において、忘却係数 FGT を値１に設定し、適応則入力 $U_{adp-i g}$ を、切換関数 σ_{ne} の一般的な積分値に基づいて算出してもよい。

【００８７】

さらに、加算要素８６では、以上のように算出された等価制御入力 $U_{eq-i g}$ 、到達則入力 $U_{rch-i g}$ および適応則入力 $U_{adp-i g}$ を用い、図１１の式（８）により、点火制御入力 $U_{sl-i g}$ が算出される。

【００８８】

点火時期コントローラ８０では、以上のように、式（１）～（８）の目標値フィルタ型２自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、フィードバック補正項としての点火制御入力 $U_{sl-i g}$ が算出される。また、後述する点火時期制御では、この点火制御入力 $U_{sl-i g}$ に点火基準値 I_{g-base} を加算することにより、点火時期 I_{g-log} が算出される。なお、以上の式（１）～（８）は、エンジン回転数 NE および点火制御入力 $U_{sl-i g}$ の動特性の関係を表すモデルを、図１２の式（１３）のように定義し、このモデルに基づき、エンジン回転数 NE が目標回転数 NE_{cmd} に収束するように、目標値フィルタ型２自由度スライディングモード制御則を適用することにより、導出される。

【００８９】

次に、前述した吸入空気量コントローラ９０について説明する。この吸入空気量コントローラ９０は、以下に述べるように、目標値フィルタ型２自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、吸気制御入力 U_{sl-ar} を算出するものであり、前述した目標値フィルタ８１、前述した切換関数算出部８２、等価制御入力算出部９３、到達則入力算出部９４、適応則入力算出部９５および加算要素９６で構成されている。すなわち、この吸入空気量コントローラ９０では、目標値フィルタ８１および切換関数算出部８２を点火時期コントローラ８０と共用することにより、目標回転数のフィルタリング値 NE_{cmd-f} および切換関数 σ_{ne} を共用しながら、吸気制御入力 U_{sl-ar} が算出される。

【００９０】

また、等価制御入力算出部９３では、エンジン回転数 NE 、フィルタリング値 NE_{cmd-f} および切換関数設定パラメータ $POL E$ を用い、図１２の式（９）により、等価制御入力 U_{eq-ar} が算出される。同式（９）において、 a_1' 、 a_2' 、 b_1' 、 b_2' は、後述するモデル【図１２の式（１４）】のモデルパラメータである。

【００９１】

一方、到達則入力算出部９４では、協調ゲインスケジューラ７３で設定された到達則ゲイン K_{rch-ar} を用い、図１２の式（１０）により、到達則入力 U_{rch-ar} が算出される。

【００９２】

また、適応則入力算出部９５では、協調ゲインスケジューラ７３で設定された適応則ゲイン K_{adp-ar} を用い、図１２の式（１１）により、適応則入力 U_{adp-ar} が算出される。

【００９３】

さらに、加算要素９６では、以上のように算出された等価制御入力 U_{eq-ar} 、到達則入力 U_{rch-ar} および適応則入力 U_{adp-ar} を用い、図１２の式（１２）により、吸気制御入力 U_{sl-ar} が算出される。

【００９４】

吸入空気量コントローラ９０では、以上のように、式（１）～（３），（９）～（１２）に示す目標値フィルタ型２自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、フィードバック補正項としての吸気制御入力 U_{sl-ar} が算出される。また、後述する吸入空気量制御では、この吸気制御入力 U_{sl-ar} にリフト基準値 $L_{ift-in-base}$ を加算することにより、目標バルブリフト $L_{ift-in-cmd}$ が算出される。なお、以上の式（１）～（３），（９）～（１２）は、エンジン回転数 NE および吸気制御入力 U

s l — a r の動特性の関係を表すモデルを、図 1 2 の式 (1 4) のように定義し、このモデルに基づき、エンジン回転数 $N E$ が目標回転数 $N E - c m d$ に収束するように、目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御則を適用することにより、導出される。

【 0 0 9 5 】

次に、前述した協調ゲインスケジューラ 7 3 について説明する。この協調ゲインスケジューラ 7 3 では、切換関数 $\sigma n e$ の値に応じて、図 1 3 , 1 4 に示すテーブルを検索することにより、前述した 4 つのゲイン $K r c h - i g$, $K a d p - i g$, $K r c h - a r$, $K a d p - a r$ がそれぞれ算出される。なお、両図 1 3 , 1 4 における $\sigma 1$, $\sigma 2$ は、 $\sigma 1 < \sigma 2$ の関係が成立する正の所定値である。

【 0 0 9 6 】

まず、図 1 3 のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン $K r c h - i g$ および適応則ゲイン $K a d p - i g$ はそれぞれ、切換関数 $\sigma n e$ の正側および負側の値に対して対称に設定されており、値 0 付近の $-\sigma 1 < \sigma n e < \sigma 1$ の範囲では、所定の最大値 $K r c h - i g 1$, $K a d p - i g 1$ を示すように設定されているとともに、 $\sigma n e < -\sigma 2$, $\sigma 2 < \sigma n e$ の範囲では、所定の最小値 $K r c h - i g 2$, $K a d p - i g 2$ を示すように設定されている。また、 $-\sigma 2 \leq \sigma n e \leq \sigma 1$, $\sigma 1 \leq \sigma n e \leq \sigma 2$ の範囲では、 $\sigma n e$ の絶対値が小さくなるほど、より大きな値に設定されている。

【 0 0 9 7 】

一方、図 1 4 のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン $K r c h - a r$ および適応則ゲイン $K a d p - a r$ はそれぞれ、切換関数 $\sigma n e$ の正側および負側の値に対して対称に設定されており、値 0 付近の $-\sigma 1 < \sigma n e < \sigma 1$ の範囲では、所定の最小値 $K r c h - a r 1$, $K a d p - a r 1$ を示すように設定されているとともに、 $\sigma n e < -\sigma 2$, $\sigma 2 < \sigma n e$ の範囲では、所定の最大値 $K r c h - a r 2$, $K a d p - a r 2$ を示すように設定されている。また、 $-\sigma 2 \leq \sigma n e \leq \sigma 1$, $\sigma 1 \leq \sigma n e \leq \sigma 2$ の範囲では、 $\sigma n e$ の絶対値が小さくなるほど、より小さな値に設定されている。

【 0 0 9 8 】

4 つのゲイン $K r c h - i g$, $K a d p - i g$, $K r c h - a r$, $K a d p - a r$ の値が以上のように設定されている理由は、以下による。すなわち、前述したように、点火時期制御は、その応答遅れが小さく、無駄時間が小さいとともに、制御の分解能が高い（最小の点火制御入力 $U s l - i g$ に対するエンジン回転数 $N E$ の変化度合いが小さい）ものの、エンジン 3 の燃焼状態の観点から、制御幅が限定されてしまうという特徴を備えている。一方、吸入空気量制御は、制御の分解能が点火時期制御と比べて低く、目標回転数 $N E - c m d$ の大きな変化に対しても対応できる反面、点火時期制御と比べて、エンジン回転数 $N E$ の制御精度が低いとともに、応答遅れが大きく、無駄時間が大きいので、エンジン回転数 $N E$ の目標回転数 $N E - c m d$ への収束性が悪いという特徴を備えている。

【 0 0 9 9 】

さらに、本実施形態のアイドル回転数コントローラ 7 0 では、前述したように目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムを用いているので、切換関数 $\sigma n e$ の絶対値が値 0 に近い場合には、目標値フィルタ 8 1 により設定された、目標回転数 $N E - c m d$ に対するエンジン回転数 $N E$ の追従挙動と実際の追従挙動との差が小さいとともに、切換関数 σ により指定された追従誤差 $E n e$ の値 0 への収束挙動と実際の収束挙動との差が小さい状態にある。したがって、切換関数 $\sigma n e$ の絶対値が値 0 に近いときには、アイドル回転数制御の分解能および制御精度を高めるべく、アイドル回転数制御への点火時期制御の寄与度合いを高めると同時に、吸入空気量制御の寄与度合いを低くするためである。これとは逆に、切換関数 $\sigma n e$ の絶対値が大きい場合、目標値フィルタ 8 1 により設定された上記追従挙動と実際の追従挙動との差が大きいとともに、切換関数 σ により指定された上記収束挙動と実際の収束挙動との差が大きい状態にあるので、アイドル回転数制御の応答性を高めるべく、アイドル回転数制御への吸入空気量制御の寄与度合いを高めると同時に、点火時期制御の寄与度合いを低くするためである。

【 0 1 0 0 】

以上の理由により、本実施形態のアイドル回転数コントローラ70における点火時期制御および吸入空気量制御の協調制御の場合、図13、14にハッチングで示す領域が、点火時期制御がメインの領域となり、それ以外の領域は、吸入空気量制御がメインの領域となる。また、図15に示すように、切換関数 σ_{ne} の場合、その値が切換直線に近い領域（図15のハッチングで示す領域）が点火時期制御がメインの領域となり、それ以外の領域は、吸入空気量制御がメインの領域となる。これと同様に、エンジン回転数NEおよび目標回転数NE-cmdの関係においては、図16に示すように、両者の乖離度合いが大きい領域（図16のハッチングで示す領域）が、点火時期制御がメインの領域となり、それ以外の領域は、吸入空気量制御がメインの領域となる。

【0101】

次に、以上のように構成されたアイドル回転数コントローラ70によるアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果について説明する。まず、図17は、目標回転数NE-cmdを目標値NE1（例えば800rpm）と、これより高い目標値NE2（例えば900rpm）との間でパルス入力のように変化させた場合の制御シミュレーション結果を示しており、より具体的には、図17（a）は、本実施形態のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示している。また、図17（b）は、アイドル回転数コントローラ70の協調ゲインスケジューラ73を省略し、前述した4つのゲインを固定ゲインに設定した場合の比較例の制御シミュレーション結果を示している。

【0102】

さらに、図17（c）は、前述した4つのゲインを固定ゲインに設定するとともに、点火時期制御の追従誤差 E_{ne-ig} の値0への収束速度が吸入空気量制御のものよりも速くなるように、点火時期制御の切換関数設定パラメータPOLEの絶対値を、吸入空気量制御のものよりも小さい値に設定した場合の比較例の制御シミュレーション結果を示しており、図17（d）は、前述した4つのゲインを固定ゲインに設定するとともに、図17（c）の例とは逆に、吸入空気量制御の追従誤差 E_{ne-ig} の値0への収束速度が点火時期制御のものよりも速くなるように、2つの切換関数設定パラメータPOLEの値を設定した場合の比較例の制御シミュレーション結果を示している。

【0103】

以上の4つの制御シミュレーション結果を参照すると、図17（b）に示す比較例では、吸入空気量制御と点火時期制御において同じ切換関数 σ_{ne} を用いた場合でも、4つのゲインを固定ゲインに設定すると、エンジン回転数NEが目標値NE1に収束する際、アンダーシュートを生じてしまい、収束挙動が不安定になるとともに、収束速度が低下することが判る。

【0104】

また、図17（c）に示す比較例では、前述した4つのゲインを固定ゲインに設定するとともに、点火時期制御の追従誤差 E_{ne-ig} の値0への収束速度が吸入空気量制御のものよりも速くなるように設定すると、エンジン回転数NEが目標値NE1に収束する際、アンダーシュートは生じないものの、目標値NE1に対するエンジン回転数NEの乖離度合いが大きい状態が連続するとともに、収束速度が低下することが判る。さらに、図17（d）に示すように、点火時期制御の追従誤差 E_{ne-ig} の値0への収束速度が吸入空気量制御のものよりも遅くなるように設定すると、エンジン回転数NEが目標値NE1に収束する際、アンダーシュートを生じてしまい、収束挙動が不安定になるとともに、収束速度が低下することが判る。

【0105】

これに対して、図17（a）に示す本実施形態のアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果では、エンジン回転数NEが目標値NE1に収束する際、アンダーシュートを生じることなく、収束挙動が安定するとともに、その収束速度が比較例よりも速いことが判る。すなわち、本実施形態のアイドル回転数コントローラ70のように、点火制御入力 U_{sl-ig} および吸気制御入力 U_{sl-ar} の算出において、目標回転数のフィルタリング値NE-cmd-fおよび切換関数 σ_{ne} を共用すると同時に、協調ゲインスケジュー

ーラ 7 3 によりゲインスケジューリングされた 4 つのゲイン K_{rch-i} 、 K_{adp-i} 、 K_{rch-a} 、 K_{adp-a} を用いることにより、エンジン回転数 N_E を目標回転数 N_{E-cmd} に収束させる際、安定した収束挙動および迅速な収束性をいずれも確保できることが判る。

【0106】

また、図 18 は、本実施形態のアイドル回転数コントローラ 70 によるアイドル回転数制御の制御シミュレーション結果を示しており、図 19 は、比較のために、アイドル回転数コントローラ 70 の点火時期コントローラ 80 における適応則入力 U_{adp-i} の算出において、忘却係数 $F_{TG} = 1$ とした場合、すなわち、忘却積分処理を行わず、通常の積分処理により、適応則入力 U_{adp-i} を算出した場合の比較例の制御シミュレーション結果を示している。なお、両図において、点火制御入力 U_{sl-i} における正側および負側の値はそれぞれ、進角側および遅角側の補正量を表しており、吸気制御入力 U_{sl-a} における正側および負側の値はそれぞれ、吸入空気量の増大側および減少側の補正量を表している。

【0107】

まず、図 19 を参照すると、比較例のアイドル回転数制御では、目標回転数 N_{E-cmd} の微小な変動に対して、点火制御入力 U_{sl-i} の方の変動頻度が多く、吸気制御入力 U_{sl-a} の変動頻度が少ないことが判る。すなわち、点火時期制御の方が、吸入空気量制御よりも分解能が高いので、点火時期制御および吸入空気量制御の協調制御において、点火時期制御がメイン側の制御となっていることが判る。また、急激なアクセルペダル操作などにより、目標回転数 N_{E-cmd} が、目標値 N_{E1} と目標値 N_{E3} （例えば 1300rpm ）との間で、インパルス入力のように一時的に急激に変化した場合、それを補正するために、点火制御入力 U_{sl-i} が遅角側に制御される（時刻 t_2 ）とともに、それ以降、点火制御入力 U_{sl-i} が遅角側に保持されることで、燃焼効率の低下を招いてしまうことが判る。

【0108】

これに対して、図 18 に示すように、本実施形態のアイドル回転数制御では、目標回転数 N_{E-cmd} の微小な変動に対して、点火制御入力 U_{sl-i} および吸気制御入力 U_{sl-a} の双方が頻繁に変動していることが判る。すなわち、点火時期制御および吸入空気量制御の協調制御において、メイン側の制御の切り換えが頻繁に発生していることが判る。また、目標回転数 N_{E-cmd} が、目標値 N_{E1} と目標値 N_{E3} （例えば 1300rpm ）との間で一時的に急激に変化した場合、それを補正するために、点火制御入力 U_{sl-i} が遅角側に制御されたとき（時刻 t_1 ）でも、それ以降、点火制御入力 U_{sl-i} が値 0 側に徐々に進角されており、燃焼効率の低下を回避できることが判る。

【0109】

次に、図 20 を参照しながら、ECU 2 により実行される、アイドル回転数制御処理を含む点火時期制御処理および吸入空気量制御処理について説明する。この制御処理は、タイマ設定により所定周期で実行される。

【0110】

この処理では、まず、ステップ 1（図では「S1」と略す。以下同じ）において、リフト正常フラグ F_{LIFTOK} が「1」であるか否かを判別する。このリフト正常フラグ F_{LIFTOK} は、可変バルブリフト機構 50 が正常であるときには「1」に、故障しているときには「0」にそれぞれ設定される。

【0111】

ステップ 1 の判別結果が YES で、可変バルブリフト機構 50 が正常であるときには、ステップ 2 に進み、アイドル運転フラグ F_{IDLE} が「1」であるか否かを判別する。このアイドル運転フラグ F_{IDLE} は、アイドル運転条件が成立しているとき、すなわち、以下の 3 つの条件（f1）～（f3）がいずれも成立しているときには「1」に設定され、それ以外のときには「0」に設定される。

（f1）アクセル開度 AP が全閉状態を示す値であること。

(f 2) 車速 V_P が所定値 (例えば 3 km) 以下であること。

(f 3) エンジン回転数 N_E が所定値 (例えば 200 rpm) 以上であること。

【0112】

ステップ2の判別結果がYESのときには、アイドル回転数制御を実行すべきであるとして、ステップ3に進み、アイドル運転用の目標回転数 $N_E - cmd$ を、アイドル用基準値 $N_E - cmd - tw$ と総補正項 $DNE - load$ との和に設定する。前述したように、アイドル用基準値 $N_E - cmd - tw$ は、エンジン水温 TW に応じて、図9に示すテーブルを検索することにより算出され、総補正項 $DNE - load$ は、3つのスイッチ27～29のON/OFF状態に応じて算出される。

【0113】

次いで、ステップ4で、目標値フィルタ設定パラメータ $POLE - f$ を、前述したように、偏差絶対値 $ADNE$ に応じて、図10に示すテーブルを検索することにより算出する。

【0114】

次に、ステップ5で、目標回転数のフィルタリング値 $N_E - cmd - f$ を、前述した式(1)により算出し、その後、ステップ6で、切換関数 σne を、前述した式(2)、(3)により算出する。

【0115】

次いで、ステップ7で、点火制御入力 $Usl - ig$ を前述した式(4)～(8)により算出する。その後、ステップ8に進み、点火時期 $Ig - log$ を、上記ステップ7で算出した点火制御入力 $Usl - ig$ に、点火基準値 $Ig - base$ を加算した値に設定する。この点火基準値 $Ig - base$ は、目標回転数 $N_E - cmd$ およびエンジン水温 TW に応じて、図21に示すマップを検索することにより算出される。同図において、 $TWa \sim TWc$ は、 $TWa < TWb < TWc$ の関係が成立する所定値であり、この点は以下の説明においても同様である。

【0116】

同図に示すように、このマップでは、点火基準値 $Ig - base$ は、目標回転数 $N_E - cmd$ が高いほど、またエンジン水温 TW が低いほど、より進角側の値に設定されている。これは、目標回転数 $N_E - cmd$ が高い場合、それに伴ってエンジン3の要求仕事量が大きくなるので、それに対応するためである。また、エンジン水温 TW が低い場合、それに伴って燃焼の安定性が低下するので、それに対応するためである。

【0117】

ステップ8に続くステップ9では、吸気制御入力 $Usl - ar$ を、前述した式(9)～(12)により算出する。

【0118】

次いで、ステップ10に進み、目標バルブリフト $Liftin - cmd$ を、上記ステップ8で算出した吸気制御入力 $Usl - ar$ に、リフト基準値 $Liftin - base$ を加算した値に設定する。このリフト基準値 $Liftin - base$ は、目標回転数 $N_E - cmd$ およびエンジン水温 TW に応じて、図22に示すマップを検索することにより算出される。

【0119】

同図に示すように、このマップでは、リフト基準値 $Liftin - base$ は、目標回転数 $N_E - cmd$ が高いほど、またエンジン水温 TW が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、前述したように、目標回転数 $N_E - cmd$ が高い場合、それに伴って要求仕事量が大きくなるので、それに対応するためである。また、エンジン水温 TW が低い場合、前述したように、それに伴って燃焼の安定性が低下するとともに、エンジン3のフリクションが増大するので、それに対応するためである。

【0120】

次に、ステップ11に進み、リフト制御入力 $Uliftin$ を、バルブリフト $Liftin$ および目標バルブリフト $Liftin - cmd$ に応じて、図23に示す式(15)～

(21)の目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、算出する。

【0121】

これらの式(15)～(21)において、 $Liftin-cmd-f$ は目標バルブリフトのフィルタリング値を、 σli は切換関数を、 Eli は追従誤差を、 $Ueq-li$ は等価制御入力を、 $Urch-li$ は到達則入力を、 $Krch$ は到達則入力ゲインを、 $Uadp$ は適応則入力を、 $Kadp$ は適応則入力ゲインをそれぞれ表している。また、 $POL E-f''$ は、 $-1 < POL E-f'' < 0$ の関係が成立するように設定される目標値フィルタ設定パラメータであり、 $POL E''$ は、 $-1 < POL E'' < 0$ が成立するように設定される切換関数設定パラメータである。さらに、 $a1''$ 、 $a2''$ 、 $b1''$ 、 $b2''$ は、バルブリフト $Liftin$ とリフト制御入力 $Uliftin$ との動特性を定義したモデル(図示せず)のモデルパラメータを表している。

【0122】

以上のように、アイドル回転数制御用の点火時期 $Ig-log$ およびリフト制御入力 $Uliftin$ を算出した後、本処理を終了する。それにより、点火時期 $Ig-log$ に応じたタイミングで、点火プラグ13を介して点火時期制御が実行されるとともに、可変バルブリフト機構50を介して、リフト制御入力 $Uliftin$ に応じたバルブリフト $Liftin$ になるように吸気弁4が駆動され、それにより、吸入空気量 $Gcyl$ が制御される。

【0123】

一方、ステップ2の判別結果がNOで、アイドル運転条件が不成立であるときには、ステップ12に進み、変速フラグ $F-ATCHG$ が「1」であるか否かを判別する。この変速フラグ $F-ATCHG$ は、図示しない自動変速機が変速中であるときには「1」に、それ以外のときには「0」にそれぞれ設定される。

【0124】

このステップ12の判別結果がYESで、自動変速機が変速中であるときには、ステップ13で、車速 VP 、変速比およびトルクコンバータ(図示せず)の滑り率に応じて、目標回転数 $NE-cmd$ を算出する。次いで、前述したように、ステップ4～11を実行した後、本処理を終了する。

【0125】

一方、ステップ12の判別結果がNOで、自動変速機が変速中でないときには、ステップ14に進み、目標回転数 $NE-cmd$ およびエンジン水温 TW に応じて、図24に示すマップを検索することにより、点火時期 $Ig-log$ を算出する。同図において、 $AP1 \sim AP3$ は、 $AP1 < AP2 < AP3$ の関係が成立する所定のアクセル開度 AP であり、この点は、以下の説明においても同様である。このマップでは、点火時期 $Ig-log$ は、アクセル開度 AP が大きいほど、遅角側の値に設定されているとともに、 $AP=AP3$ の中回転域以外は、エンジン回転数 NE が高いほど、遅角側の値に設定されている。これは、エンジン回転数 NE またはエンジン負荷が高いときには、ノッキングが発生しやすくなるので、それを回避すべく、点火時期 $Ig-log$ をリタード側に制御する必要があることによる。

【0126】

次いで、ステップ15で、目標回転数 $NE-cmd$ およびエンジン水温 TW に応じて、図25に示すマップを検索することにより、目標バルブリフト $Liftin-cmd$ を算出する。このマップでは、目標バルブリフト $Liftin-cmd$ は、アクセル開度 AP が大きいほど、またエンジン回転数 NE が高いほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン回転数 NE またはエンジン負荷が高いときには、それに応じたエンジン出力を確保すべく、バルブリフト $Liftin$ すなわち吸入空気量 $Gcyl$ を大きな値に制御するためである。

【0127】

次に、前述したように、ステップ11でリフト制御入力 $Uliftin$ を算出した後、

本処理を終了する。

【0128】

一方、ステップ1の判別結果がNOで、可変バルブリフト機構50が故障しているときには、ステップ16に進み、点火時期 I_{g-log} を故障時値 I_{g-fs} に設定する。この故障時値 I_{g-fs} は、エンジン回転数 NE が所定の故障時目標回転数 $NE-cmd-fs$ （例えば1500rpm）となるように、所定のフィードバック制御アルゴリズムにより算出される。

【0129】

次いで、ステップ17で、リフト制御入力 U_{liftin} を値0に設定した後、本処理を終了する。これにより、吸気弁4は、可変バルブリフト機構50により、バルブリフト L_{liftin} が最小値 $L_{liftinmin}$ になるように駆動される。

【0130】

以上のように、本実施形態の制御装置1によれば、点火制御入力 U_{sl-ig} および吸気制御入力 U_{sl-ar} が、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出されるので、目標回転数 $NE-cmd$ に対するエンジン回転数 NE の追従応答性と、収束挙動および収束速度とを別個に設定することができる。それにより、目標回転数 $NE-cmd$ に対するエンジン回転数 NE の良好な追従応答性を確保できると同時に、エンジン回転数 NE を、オーバーシュートおよび振動的な挙動を生じることなく、目標回転数 $NE-cmd$ に収束させることができ、エンジン回転数 NE の目標回転数 $NE-cmd$ への収束挙動を安定させることができる。

【0131】

これに加えて、点火制御入力 U_{sl-ig} および吸気制御入力 U_{sl-ar} が、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにおいて、1つのフィルタリング値 $NE-cmd-f$ を共用しながら、算出されるので、アイドル回転数制御における点火時期制御処理および吸入空気量制御処理が互いに干渉し合うのを回避することができる。これに加えて、点火制御入力 U_{sl-ig} および吸気制御入力 U_{sl-ar} が、1つの切換関数 σ_{ne} の値を共用しながら算出されるので、点火時期制御処理および吸入空気量制御処理が互いに干渉し合うのをさらに効果的に回避することができる。

【0132】

また、目標値フィルタ81において、目標値フィルタ設定パラメータ $POL E-f$ が、 $ADNE1 \leq ADNE \leq ADNE2$ の範囲では、偏差絶対値 $ADNE$ が大きいほど、より大きい値（より値0に近い値）に設定され、フィルタリング値 $NE-cmd-f$ に対する目標回転数 $NE-cmd$ の反映度合いが高められるので、偏差絶対値 $ADNE$ が大きく、エンジン回転数 NE の変動状態が大きいときには、それに対応して目標回転数 $NE-cmd$ に対するエンジン回転数 NE の追従応答性をより向上させることができる。

【0133】

さらに、点火制御入力 U_{sl-ig} の算出において、適応則入力 U_{adp-ig} が、切換関数 σ_{ne} の忘却積分処理により算出されるので、点火時期制御において、点火時期 I_{g-log} が過度のリタード状態に保持されることがなくなり、その結果、良好な燃焼状態を確保することができる。

【0134】

また、協調ゲインスケジューラ73による4つのゲイン K_{rch-ig} 、 K_{adp-ig} 、 K_{rch-ar} 、 K_{adp-ar} の設定により、切換関数 σ_{ne} の絶対値が値0に近いとき、すなわち、前述したように、目標値フィルタ81により設定された、目標回転数 $NE-cmd$ に対するエンジン回転数 NE の追従挙動と実際の追従挙動との差が小さいとともに、切換関数 σ により指定された追従誤差 E_{ne} の値0への収束挙動と実際の収束挙動との差が小さい状態にあるときには、アイドル回転数制御への点火時期制御の寄与度合いを高めると同時に、吸入空気量制御の寄与度合いを低くすることができ、それにより、アイドル回転数制御の分解能および制御精度を高めることができる。これとは逆に、切換関数 σ_{ne} の絶対値が大きいとき、すなわち、目標値フィルタ81により設定された上記

追従挙動と実際の追従挙動との差が大きいとともに、切換関数 σ により指定された上記収束挙動と実際の収束挙動との差が大きい状態にあるときには、アイドル回転数制御の応答性を高めるべく、アイドル回転数制御への吸入空気量制御の寄与度合いを高めると同時に、点火時期制御の寄与度合いを低くすることができ、それにより、アイドル回転数制御の応答性を高めることができる。以上により、アイドル回転数制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる。

【0135】

次に、本発明の第2実施形態に係る制御装置1Aについて説明する。この制御装置1Aは、前述した第1実施形態の制御装置1と比べると、一部を除いて同様に構成されているので、以下、第1実施形態の制御装置1と異なる点を中心として説明する。この制御装置1Aは、図26に示すように、アイドル回転数コントローラ100を備えており、このアイドル回転数コントローラ100（制御入力算出手段）は、具体的にはECU2により構成されている。

【0136】

このアイドル回転数コントローラ100では、以下に述べるように、協調型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、吸入空気量 G_{cy1} および点火時期 I_{gl} を互いに協調させながら制御するための点火制御入力 U_{sl-i} および吸気制御入力 U_{sl-a} が算出され、これらの制御入力 U_{sl-i} 、 U_{sl-a} を制御対象99に入力することにより、アイドル運転中、エンジン回転数 N_E が目標回転数 N_{E-cmd} に収束するようにフィードバック制御される。なお、この制御対象99は、点火制御入力 U_{sl-i} および吸気制御入力 U_{sl-a} を入力とし、エンジン回転数 N_E を出力とする系として定義される。

【0137】

アイドル回転数コントローラ100は、目標値算出部101（目標値算出手段）、目標値追従応答設定部102（フィルタリング目標値算出手段）、協調ゲインスケジューラ103、点火時期コントローラ110および吸入空気量コントローラ120を備えている。この目標値算出部101および目標値追従応答設定部102はそれぞれ、前述した目標値算出部71および目標値追従応答設定部72と同様に構成されているので、その説明は省略する。

【0138】

また、協調ゲインスケジューラ103では、点火制御入力 U_{sl-i} の算出に用いる到達則ゲイン K_{rch-i} および後述する推定ゲイン $P-i$ と、吸気制御入力 U_{sl-a} の算出に用いる到達則ゲイン K_{rch-a} および後述する推定ゲイン $P-a$ とがそれぞれ設定される。この協調ゲインスケジューラ103の詳細に関しては、後述する。

【0139】

次に、点火時期コントローラ110について説明する。この点火時期コントローラ110は、以下に述べるように、外乱補償機能付きの目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、点火制御入力 U_{sl-i} を算出するものであり、目標値フィルタ111、切換関数算出部112、点火制御入力算出部113および適応外乱オブザーバ114で構成されている。

【0140】

この目標値フィルタ111（フィルタリング目標値算出手段）では、前述した目標値フィルタ81と同様に、図27に示す式(22)により、目標回転数のフィルタリング値 $N_{E-cmd-f}$ が算出され、切換関数算出部112では、前述した切換関数算出部82と同様に、図27に示す式(23)、(24)により、切換関数 σ_{ne} が算出される。

【0141】

また、点火制御入力算出部113では、等価制御入力 U_{eq-i} が図27の式(25)により算出され、到達則入力 U_{rch-i} が同図の式(26)により算出されるとともに、点火制御入力 U_{sl-i} が同図の式(27)により算出される。式(25)にお

いて、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 は、後述するモデル【図28の式(37)】のモデルパラメータである。また、 $c_{1-i g}$ は、モデル化誤差および外乱を補償するための外乱推定値であり、以下に述べるように、適応外乱オブザーバ114により算出される。

【0142】

すなわち、適応外乱オブザーバ114（外乱推定値算出手段）では、図27の式(28)により、エンジン回転数 N_E の同定値 N_E-hat が算出され、式(29)により、追従誤差 $e-dov-ig$ が算出されるとともに、式(30)により、外乱推定値 $c_{1-i g}$ が算出される。同式(30)において、 $F G T-dov$ は、忘却係数であり、 $0 < F G T-dov < 1$ の範囲内の値に設定される。また、 $P-ig$ は、推定ゲインであり、協調ゲインスケジューラ103により後述するように設定される。

【0143】

同式(30)に示すように、忘却係数 $F G T-dov$ は、外乱推定値の前回値 $c_{1-i g}(k-1)$ に乘算されるので、同式(30)を漸化式により展開すると、 n 回前の値 $c_{1-i g}(k-n)$ に対しては、 $F G T-dov^n$ （ ≈ 0 ）が乗算されることになる。その結果、演算処理の進行に伴い、外乱推定値 $c_{1-i g}$ は、値0に収束するようになる。このように、外乱推定値 $c_{1-i g}$ を忘却処理により算出することで、点火制御入力 $U_{s1-i g}$ が遅角補正側の値に保持されることがなくなり、その結果、点火時期制御において、点火時期 $I g-l o g$ が過度のリタード状態に保持されることがなくなり、良好な燃焼状態を確保することができる。なお、点火時期 $I g-l o g$ がリタード側に保持されてもよい場合には、一般的な適応外乱オブザーバのように、式(30)において、忘却係数 $F G T-dov$ を値1に設定してもよい。

【0144】

点火時期コントローラ110では、以上のように、式(22)～(30)に示す外乱補償機能付きの目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、点火制御入力 $U_{s1-i g}$ が算出される。なお、以上の式(22)～(30)は、エンジン回転数 N_E および点火制御入力 $U_{s1-i g}$ の動特性の関係を表すモデルを、エンジン回転数 N_E および点火制御入力 $U_{s1-i g}$ の動特性の関係を表すモデルを、図28の式(37)のように定義し、このモデルに基づき、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御および適応外乱オブザーバ理論を適用することにより、導出される。

【0145】

次に、前述した吸入空気量コントローラ120について説明する。この吸入空気量コントローラ120は、外乱補償機能付きの目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、吸気制御入力 $U_{s1-a r}$ を算出するものであり、前述した目標値フィルタ111、前述した切換関数算出部112、吸気制御入力算出部123および適応外乱オブザーバ124で構成されている。

【0146】

この吸気制御入力算出部123では、等価制御入力 $U_{eq-a r}$ が図28の式(31)により算出され、到達則入力 $U_{rch-a r}$ が同図の式(32)により算出されるとともに、吸気制御入力 $U_{s1-a r}$ が同図の式(33)により算出される。式(31)において、 a_1' 、 a_2' 、 b_1' 、 b_2' は、後述するモデル【図28の式(38)】のモデルパラメータである。また、 $c_{1-a r}$ は、モデル化誤差および外乱を補償するための外乱推定値であり、以下に述べるように、適応外乱オブザーバ124により算出される。

【0147】

すなわち、適応外乱オブザーバ124（外乱推定値算出手段）では、図28の式(34)により、エンジン回転数 N_E の同定値 N_E-hat が算出され、式(35)により、追従誤差 $e-dov-ar$ が算出されるとともに、式(36)により、外乱推定値 $c_{1-a r}$ が算出される。同式(36)において、 $P-ar$ は、推定ゲインであり、協調ゲインスケジューラ103により後述するように設定される。

【0148】

吸入空気量コントローラ120では、以上のように、式(22)～(24)，(31)

～(36)に示す外乱補償機能付き目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、吸気制御入力 U_{sl-ar} が算出される。なお、以上の式(22)～(24)，(31)～(36)は、エンジン回転数 NE および吸気制御入力 U_{sl-ar} の動特性の関係を表すモデルを、図28の式(38)のように定義し、このモデルに基づき、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御則および適応外乱オブザーバ理論を適用することにより、導出される。

【0149】

次に、前述した協調ゲインスケジューラ103について説明する。この協調ゲインスケジューラ103では、切換関数 σ_{ne} の値に応じて、図29，30に示すテーブルを検索することにより、前述した4つのゲイン K_{rch-ig} ， P_{ig} ， K_{rch-ar} ， P_{ar} がそれぞれ算出される。なお、両図29，30における σ_3 ， σ_4 は、 $\sigma_3 < \sigma_4$ の関係が成立する正の所定値である。

【0150】

まず、図29のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン K_{rch-ig} および推定ゲイン P_{ig} の各々は、切換関数 σ_{ne} の正側および負側の値に対して対称に設定されており、 $-\sigma_4 < \sigma_{ne} < -\sigma_3$ ， $\sigma_3 < \sigma_{ne} < \sigma_4$ の範囲では、 σ_{ne} の絶対値が小さくなるほど、より大きな値に設定されている。また、到達則ゲイン K_{rch-ig} および推定ゲイン P_{ig} の各々は、値0付近の所定範囲($-\sigma_3 \leq \sigma_{ne} \leq \sigma_3$)内では、その最大値 $K_{rch-ig3}$ ， P_{ig3} を示すように設定されているとともに、 $\sigma_{ne} \leq -\sigma_4$ ， $\sigma_4 \leq \sigma_{ne}$ の範囲では、その最小値 $K_{rch-ig4}$ ， P_{ig4} を示すように設定されている。

【0151】

一方、図30のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン K_{rch-ar} および推定ゲイン P_{ar} の各々は、切換関数 σ_{ne} の正側および負側の値に対して対称に設定されているとともに、 $-\sigma_4 < \sigma_{ne} < -\sigma_3$ ， $\sigma_3 < \sigma_{ne} < \sigma_4$ の範囲では、 σ_{ne} の絶対値が小さくなるほど、より小さな値に設定されている。また、到達則ゲイン K_{rch-ar} および推定ゲイン P_{ar} の各々は、値0付近の所定範囲($-\sigma_3 \leq \sigma_{ne} \leq \sigma_3$)内では、その最小値 $K_{rch-ar3}$ ， P_{ar3} を示すように設定されているとともに、 $\sigma_{ne} \leq -\sigma_4$ ， $\sigma_4 \leq \sigma_{ne}$ の範囲では、その最大値 $K_{rch-ar4}$ ， P_{ar4} を示すように設定されている。

【0152】

各ゲインの値が以上のように設定されている理由は、協調ゲインスケジューラ73の説明で述べた理由と同じである。すなわち、切換関数 σ_{ne} の絶対値が値0に近い場合、目標回転数 NE_{cmd} に対するエンジン回転数 NE の乖離度合いが小さい状態にあるので、アイドル回転数制御の分解能および制御精度を高めるべく、アイドル回転数制御への点火時期制御の寄与度合いを高めると同時に、吸入空気量制御の寄与度合いを低くするためである。これとは逆に、切換関数 σ_{ne} の絶対値が大きい場合、追従誤差 E_{ne} の変化が大きく、目標回転数 NE_{cmd} に対するエンジン回転数 NE の乖離度合いが大きい状態にあるので、アイドル回転数制御の応答性を高めるべく、アイドル回転数制御への吸入空気量制御の寄与度合いを高めると同時に、点火時期制御の寄与度合いを低くするためである。

【0153】

以上の理由により、本実施形態における点火時期および吸入空気量の協調制御の場合、図29，30にハッチングで示す領域が、点火時期制御がメインの領域となり、それ以外の領域は、吸入空気量制御がメインの領域となる。

【0154】

以上のように構成された本実施形態の制御装置1Aによれば、前述した第1実施形態の制御装置1と同様の作用効果を得ることができる。また、協調ゲインスケジューラ103における到達則ゲイン K_{rch-ig} ， K_{rch-ar} および推定ゲイン P_{ig} ， P_{ar} の設定により、目標回転数 NE_{cmd} に対するエンジン回転数 NE の乖離度合いが

小さい状態のときには、アイドル回転数制御への点火時期制御の寄与度合いを高めると同時に、吸入空気量制御の寄与度合いを低くすることができ、それにより、アイドル回転数制御の分解能および制御精度を高めることができる。これとは逆に、目標回転数 N_{E-cmd} に対するエンジン回転数 N_E の乖離度合いが大きい状態のときには、アイドル回転数制御の応答性を高めるべく、アイドル回転数制御への吸入空気量制御の寄与度合いを高めると同時に、点火時期制御の寄与度合いを低くすることができ、それにより、アイドル回転数制御の応答性を高めることができる。これに加えて、点火制御入力 $U_{sl-i g}$ および吸気制御入力 $U_{sl-a r}$ が、適応外乱オブザーバ114, 124によりそれぞれ算出された外乱推定値 $c_{l-i g}$, $c_{l-a r}$ を用いて算出されるので、モデル化誤差および外乱の影響を回避しながら、アイドル回転数制御を行うことができる。その結果、アイドル回転数制御の安定性および制御精度を、第1実施形態の制御装置1よりも向上させることができる。

【0155】

次に、図31を参照しながら、本発明の第3実施形態に係る制御装置1Bについて説明する。この制御装置1Bは、EGR制御および過給圧制御の協調制御により、吸入空気量 G_{cyl} （制御対象の出力）を制御するものであり、協調吸入空気量コントローラ200（制御入力算出手段）を備えている。この協調吸入空気量コントローラ200については、後述する。この制御装置1Bが適用されたエンジン3は、一部を除いて第1実施形態のエンジン3と同様に構成されているので、以下、同じ構成については同じ番号を付すとともに、その説明は省略する。このエンジン3は、ターボチャージャ装置15およびEGR制御弁16を備えている。

【0156】

ターボチャージャ装置15は、吸気管10の途中のコンプレッサハウジング内に收容されたコンプレッサブレード15aと、排気管14の途中のタービンハウジング内に收容されたタービンブレード15bと、2つのブレード15a, 15bを一体に連結する軸15cと、ウエストゲート弁15dなどを備えている。

【0157】

このターボチャージャ装置15では、排気管14内の排気ガスによってタービンブレード15bが回転駆動されると、これと一体のコンプレッサブレード15aも同時に回転することにより、吸気管10内の吸入空気が加圧される。すなわち、過給動作が実行される。

【0158】

また、上記ウエストゲート弁15dは、排気管14のタービンブレード15bをバイパスするバイパス排気通路14aを開閉するものであり、ECU2に接続された電磁制御弁で構成されている。このウエストゲート弁15dは、後述する最終過給圧制御入力 $U_{sl-v t-f}$ に応じた駆動信号がECU2から入力されると、その開度が増減し、それにより、バイパス排気通路14aを流れる排気ガスの流量、言い換えればタービンブレード15bを駆動する排気ガスの流量を変化させ、過給圧を変化させる。これにより、過給圧が制御される。

【0159】

また、EGR制御弁16は、吸気管10および排気管14の間に延びるEGR通路17を開閉することにより、排気ガスを排気管14から吸気管10側に還流するEGR動作を実行するものである。EGR制御弁16は、リニア電磁弁で構成され、ECU2に接続されており、後述する最終EGR制御入力 $U_{sl-e g-f}$ に応じた駆動信号がECU2から入力されると、そのバルブリフトがリニアに変化する。これにより、EGR量が制御される。

【0160】

次に、図32を参照しながら、協調吸入空気量コントローラ200について説明する。この協調吸入空気量コントローラ200は、以下に述べるように、協調型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムに基づく制御アルゴリズムにより、EGR量および過給

圧を互いに協調させながらフィードバック制御し、それにより、吸入空気量 G_{cy1} を目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に収束するようにフィードバック制御するものである。

【0161】

協調吸入空気量コントローラ 200 は、目標値算出部 201（目標値算出手段）、目標値追従応答設定部 202（フィルタリング目標値算出手段）、協調ゲインスケジューラ 203、EGR 基準値算出部 204、加算要素 205、過給圧基準値算出部 206、加算要素 207、EGR コントローラ 210 および過給圧コントローラ 220 を備えている。

【0162】

まず、目標値算出部 201 では、吸入空気量 G_{cy1} の目標値となる目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ が算出される。具体的には、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ を、アクセル開度 AP およびエンジン回転数 NE に応じて、図 33 に示すマップを検索することにより算出する。このマップでは、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ は、エンジン回転数 NE が高いほど、またはアクセル開度 AP が大きいほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン回転数 NE が高いほど、またはアクセル開度 AP が大きいほど、エンジン 3 が高負荷域にあることで、より大きな吸入空気量が要求されることによる。なお、本実施形態では、アクセル開度 AP およびエンジン回転数 NE が制御対象の状態に相当する。

【0163】

次いで、目標値追従応答設定部 202 では、前述した目標値追従応答設定部 72 と同様に、目標値フィルタ設定パラメータ $POLE-f^*$ が算出される。目標値フィルタ設定パラメータ $POLE-f^*$ は、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性を設定するためのものであり、具体的には、偏差絶対値 $ADGCYL$ （目標値の変化度合い）に応じて、図 34 に示すテーブルを検索することにより、算出される。この偏差絶対値 $ADGCYL$ は、目標吸入空気量の今回値 $G_{cy1-cmd}(k)$ と前回値 $G_{cy1-cmd}(k-1)$ との偏差の絶対値として算出される（ $ADGCYL = |G_{cy1-cmd}(k) - G_{cy1-cmd}(k-1)|$ ）。また、同図の $ADGCYL1$ 、 $ADGCYL2$ は、 $ADGCYL1 < ADGCYL2$ の関係が成立する所定値であり、 $POLE-f1^*$ 、 $POLE-f2^*$ は、 $POLE-f1^* < POLE-f2^*$ の関係が成立する所定値である。

【0164】

同図に示すように、このテーブルでは、 $ADGCYL1 \leq ADGCYL \leq ADGCYL2$ の範囲では、偏差絶対値 $ADGCYL$ が大きいほど、より大きい値（より値 0 に近い値）に設定されている。これは、目標値フィルタ設定パラメータ $POLE-f^*$ は、目標値フィルタ 211 でのフィルタリング値 $G_{cy1-cmd-f}$ の算出において、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性を設定するように用いられるので、偏差絶対値 $ADGCYL$ が大きく、吸入空気量 G_{cy1} の変動状態が大きいときには、それに対応すべく、フィルタリング値 $G_{cy1-cmd-f}$ に対する目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ の反映度合いを高めることで、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性をより向上させるためである。

【0165】

また、目標値フィルタ設定パラメータ $POLE-f^*$ は、 $ADGCYL < ADGCYL1$ 、 $ADGCYL2 < ADGCYL$ の範囲では、偏差絶対値 $ADGCYL$ の値にかかわらず、一定値 $POLE-f1^*$ 、 $POLE-f2^*$ にそれぞれ設定されている。これは、吸入空気量 G_{cy1} の変動状態がかなり小さい場合またはかなり大きい場合、目標値フィルタ設定パラメータ $POLE-f$ の設定により、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性を向上させるのに限界があることによる。

【0166】

さらに、協調ゲインスケジューラ 203 では、前述した協調ゲインスケジューラ 73 と同様に、EGR 制御入力 $Us1-eg$ の算出に用いる到達則ゲイン $Krch-eg$ および適応則ゲイン $Kadp-eg$ と、過給圧制御入力 $Us1-vt$ の算出に用いる到達則ゲイン $Krch-vt$ および適応則ゲイン $Kadp-vt$ とが、それぞれ算出される。具体的

には、4つのゲイン K_{rch-eg} 、 K_{adp-eg} 、 K_{rch-vt} 、 K_{adp-vt} はそれぞれ、後述する切換関数 σ_{gcy1} の値に応じて、図35、36に示すテーブルを検索することにより算出される。なお、両図35、36における σ_{g1} 、 σ_{g2} は、 $\sigma_{g1} < \sigma_{g2}$ の関係が成立する正の所定値である。

【0167】

まず、図35のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン K_{rch-eg} および適応則ゲイン K_{adp-eg} はそれぞれ、切換関数 σ_{gcy1} の正側および負側の値に対して対称に設定されており、値0付近の $-\sigma_{g1} < \sigma_{gcy1} < \sigma_{g1}$ の範囲では、所定の最大値 $K_{rch-eg1}$ 、 $K_{adp-eg1}$ を示すように設定されているとともに、 $\sigma_{gcy1} < -\sigma_{g2}$ 、 $\sigma_{g2} < \sigma_{gcy1}$ の範囲では、所定の最小値 $K_{rch-eg2}$ 、 $K_{adp-eg2}$ を示すように設定されている。また、 $-\sigma_{g2} \leq \sigma_{gcy1} \leq \sigma_{g1}$ 、 $\sigma_{g1} \leq \sigma_{gcy1} \leq \sigma_{g2}$ の範囲では、 σ_{gcy1} の絶対値が小さくなるほど、より大きな値に設定されている。

【0168】

一方、図36のテーブルを参照すると、このテーブルでは、到達則ゲイン K_{rch-vt} および適応則ゲイン K_{adp-vt} はそれぞれ、切換関数 σ_{gcy1} の正側および負側の値に対して対称に設定されており、値0付近の $-\sigma_{g1} < \sigma_{gcy1} < \sigma_{g1}$ の範囲では、所定の最小値 $K_{rch-vt1}$ 、 $K_{adp-vt1}$ を示すように設定されているとともに、 $\sigma_{gcy1} < -\sigma_{g2}$ 、 $\sigma_{g2} < \sigma_{gcy1}$ の範囲では、所定の最大値 $K_{rch-vt2}$ 、 $K_{adp-vt2}$ を示すように設定されている。また、 $-\sigma_{g2} \leq \sigma_{gcy1} \leq \sigma_{g1}$ 、 $\sigma_{g1} \leq \sigma_{gcy1} \leq \sigma_{g2}$ の範囲では、 σ_{gcy1} の絶対値が小さくなるほど、より小さな値に設定されている。

【0169】

4つのゲイン K_{rch-eg} 、 K_{adp-eg} 、 K_{rch-vt} 、 K_{adp-vt} の値が以上のように設定されている理由は、以下による。すなわち、EGR制御は、制御の分解能が高い（最小のEGR制御入力 U_{sl-eg} に対する吸入空気量 G_{cy1} の変化度合いが小さい）ものの、エンジン3の燃焼状態の悪化を回避する観点から、制御幅が限定されてしまうという特徴を備えている。一方、過給圧制御は、制御の分解能がEGR制御と比べて低く、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ の大きな変化に対しても対応できる反面、EGR制御と比べて、吸入空気量 G_{cy1} の制御精度が低いので、吸入空気量 G_{cy1} の目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ への収束性が悪いという特徴を備えている。

【0170】

したがって、切換関数 σ_{gcy1} の絶対値が値0に近い場合、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の乖離度合いが小さい状態にあるので、吸入空気量制御の分解能および制御精度を高めるべく、吸入空気量制御へのEGR制御の寄与度合いを高めると同時に、過給圧制御の寄与度合いを低くするためである。これとは逆に、切換関数 σ_{gcy1} の絶対値が大きい場合、追従誤差 E_{gcy1} の変化が大きく、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の乖離度合いが大きい状態にあるので、吸入空気量制御の応答性を高めるべく、吸入空気量制御への過給圧制御の寄与度合いを高めると同時に、EGR制御の寄与度合いを低くするためである。

【0171】

以上の理由により、本実施形態の協調吸入空気量コントローラ200におけるEGR制御および吸入空気量制御の協調制御の場合、図35、36にハッチングで示す領域が、EGR制御がメインの領域となり、それ以外の領域は、過給圧制御がメインの領域となる。

【0172】

次に、前述したEGRコントローラ210について説明する。このEGRコントローラ210は、以下に述べるように、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、EGR制御入力 U_{sl-eg} を算出するものであり、目標値フィルタ211、切換関数算出部212、等価制御入力算出部213、到達則入力算出部214、適応則入力算出部215および加算要素216で構成されている。

【0173】

この目標値フィルタ211（フィルタリング目標値算出手段）では、前述した目標値フィルタ81と同様に、目標値算出部201で算出された目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ 、および目標値追従応答指定部202で設定された目標値フィルタ設定パラメータ $POL E-f^*$ を用い、図37の式（39）に示す一次遅れフィルタアルゴリズムにより、目標吸入空気量のフィルタリング値 $G_{cyl-cmd-f}$ （フィルタリング目標値）が算出される。

【0174】

また、切換関数算出部212では、前述した切換関数算出部82と同様に、図37の式（40）、（41）により、切換関数 $\sigma_{g_{cyl}}$ （線形関数）が算出される。同式（40）において、 $POL E^*$ は、切換関数設定パラメータであり、 $-1 < POL E^* < 0$ の範囲内の値に設定される。また、 $E_{g_{cyl}}$ は、式（41）に示すように定義される追従誤差である。

【0175】

さらに、等価制御入力算出部213では、吸入空気量 G_{cyl} 、フィルタリング値 $G_{cyl-cmd-f}$ および切換関数設定パラメータ $POL E^*$ に基づき、図37の式（42）により、等価制御入力 U_{eq} が算出される。同式（42）において、 a_1^* 、 a_2^* 、 b_1^* 、 b_2^* は、後述するモデル【図38の式（53）】のモデルパラメータである。

【0176】

一方、到達則入力算出部214では、協調ゲインスケジューラ203で設定された到達則ゲイン K_{rch-eg} を用い、図37の式（43）により、到達則入力 U_{rch-eg} が算出される。

【0177】

また、適応則入力算出部215では、図37の式（44）に示す忘却積分処理により、切換関数の忘却積分値 $sum-\sigma_{g_{cyl}}$ （線形関数の積分値）が算出され、さらに、この忘却積分値 $sum-\sigma_{g_{cyl}}$ および協調ゲインスケジューラ203で設定された適応則ゲイン K_{adp-eg} を用い、式（45）により、適応則入力 U_{adp-eg} が算出される。同式（44）において、 $FGT-eg$ は、忘却係数であり、 $0 < FGT-eg < 1$ の範囲内の値に設定される。

【0178】

以上の忘却積分処理により、前述したように、演算処理の進行に伴い、切換関数の忘却積分値 $sum-\sigma_{g_{cyl}}$ が値0に収束するようになり、適応則入力 U_{adp-eg} も値0に収束するようになる。このように、適応則入力 U_{adp-eg} の算出において、忘却積分処理を用いる理由は、EGR量は、NOxの排出量低減および燃費向上の観点から、エンジン3の運転領域に応じた適切な値に可能な限り高精度で制御することが望ましいので、EGR量が適切な値から長時間外れる状態が発生するのを回避し、適切な値に迅速に制御するためである。なお、EGR量が一定値に保持されてもよい場合には、一般的なスライディングモード制御アルゴリズムのように、式（44）において、忘却係数 $FGT-eg$ を値1に設定し、適応則入力 U_{adp-eg} を、切換関数 $\sigma_{g_{cyl}}$ の一般的な積分値に基づいて算出してもよい。

【0179】

さらに、加算要素216では、以上のように算出された等価制御入力 U_{eq} 、到達則入力 U_{rch} および適応則入力 U_{adp} を用い、図37の式（46）により、EGR制御入力 U_{sl-eg} が算出される。

【0180】

以上のように、EGR制御入力 U_{sl-eg} は、式（39）～（46）の目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、算出される。なお、以上の式（39）～（46）は、吸入空気量 G_{cyl} およびEGR制御入力 U_{sl-eg} の動特性の関係を表すモデルを、図38の式（53）のように定義し、このモデルに基づき、吸入空気量 G_{cyl} が目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ に収束するように、目標値フィルタ

型 2 自由度スライディングモード制御則を適用することにより、導出される。

【0181】

一方、前述した EGR 基準値算出部 204 では、エンジン回転数 N_E および目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ に応じて、図 39 に示すマップを検索することにより、EGR 基準値 $U_{sl-eg-bs}$ を算出する。同図に示すように、このマップでは、EGR 基準値 $U_{sl-eg-bs}$ は、エンジン回転数 N_E が高いほど、より大きな値に設定されている。また、EGR 基準値 $U_{sl-eg-bs}$ は、目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ が所定値 $G_{cyl-cmd1}$ 以下の範囲では、目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ が大きいほど、より大きな値に設定され、所定値 $G_{cyl-cmd1}$ より大きい範囲では、目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ が大きいほど、より小さな値に設定されている。

【0182】

このように EGR 基準値 $U_{sl-eg-bs}$ が設定される理由は、エンジン 3 の低負荷域では、燃焼状態が不安定になるのを回避すべく、EGR 量を小さな値に制御し、高負荷域では、エンジン出力を確保すべく、EGR 量を小さな値に制御するためであり、また、中負荷域では、 NO_x の排出量低減および燃費向上の観点から、EGR 量を大きな値に制御するためである。

【0183】

さらに、前述した加算要素 205 では、以上のように算出された EGR 制御入力 U_{sl-eg} および EGR 基準値 $U_{sl-eg-bs}$ を用い、図 37 の式 (47) により、最終 EGR 制御入力 $U_{sl-eg-f}$ が算出される。

【0184】

次に、前述した過給圧コントローラ 220 について説明する。この過給圧コントローラ 220 は、以下に述べるように、目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、過給圧制御入力 U_{sl-vt} を算出するものであり、前述した目標値フィルタ 211、前述した切換関数算出部 212、等価制御入力算出部 223、到達則入力算出部 224、適応則入力算出部 225 および加算要素 226 で構成されている。すなわち、この過給圧コントローラ 220 では、目標値フィルタ 211 および切換関数算出部 212 を EGR コントローラ 210 と共用することにより、目標吸入空気量のフィルタリング値 $G_{cyl-cmd-f}$ および切換関数 $\sigma_{g_{cyl}}$ を共用しながら、過給圧制御入力 U_{sl-vt} が算出される。

【0185】

また、等価制御入力算出部 223 では、吸入空気量 G_{cyl} 、フィルタリング値 $G_{cyl-cmd-f}$ および切換関数設定パラメータ $POL E^*$ を用い、図 38 の式 (48) により、等価制御入力 U_{eq-vt} が算出される。同式 (48) において、 $a1^\#$ 、 $a2^\#$ 、 $b1^\#$ 、 $b2^\#$ は、後述するモデル【図 38 の式 (54)】のモデルパラメータである。

【0186】

一方、到達則入力算出部 224 では、協調ゲインスケジューラ 203 で設定された到達則ゲイン K_{rch-vt} を用い、図 38 の式 (49) により、到達則入力 U_{rch-vt} が算出される。

【0187】

また、適応則入力算出部 225 では、協調ゲインスケジューラ 203 で設定された適応則ゲイン K_{adp-vt} を用い、図 38 の式 (50) により、到達則入力 U_{rch-vt} が算出される。

【0188】

さらに、加算要素 226 では、以上のように算出された等価制御入力 U_{eq-vt} 、到達則入力 U_{rch-vt} および適応則入力 U_{adp-vt} を用い、図 38 の式 (51) により、過給圧制御入力 U_{sl-vt} が算出される。

【0189】

過給圧コントローラ 220 では、以上のように、式 (39) ~ (41)、(48) ~ (51) に示す目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、

過給圧制御入力 U_{s1-vt} が算出される。なお、以上の式 (39) ~ (41), (48) ~ (51) は、吸入空気量 G_{cy1} および過給圧制御入力 U_{s1-vt} の動特性の関係を表すモデルを、図38の式 (54) のように定義し、このモデルに基づき、吸入空気量 G_{cy1} が目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に収束するように、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御則を適用することにより、導出される。

【0190】

一方、前述した過給圧基準値算出部206では、エンジン回転数 NE および目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に応じて、図40に示すマップを検索することにより、過給圧基準値 $U_{s1-vt-bs}$ を算出する。同図に示すように、このマップでは、過給圧基準値 $U_{s1-vt-bs}$ は、エンジン回転数 NE が高いほど、より大きな値に設定されている。また、過給圧基準値 $U_{s1-vt-bs}$ は、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ が所定値 $G_{cy1-cmd1}$ 以下の範囲では、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ が大きいほど、より大きな値に設定され、所定値 $G_{cy1-cmd1}$ より大きい範囲では、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ が大きいほど、より小さな値に設定されている。

【0191】

このように過給圧基準値 $U_{s1-vt-bs}$ が設定される理由は、エンジン3の低負荷域では、過給圧の不要な上昇によりトルク変動が発生するのを回避すべく、過給圧を小さな値に制御し、高負荷域では、過給圧の過度の上昇によりエンジン出力が大きくなり過ぎるのを回避すべく、過給圧を小さな値に制御するためであり、また、中負荷域では、エンジン出力確保の観点から、過給圧を大きな値に制御するためである。

【0192】

さらに、前述した加算要素207では、以上のように算出された過給圧制御入力 U_{s1-vt} および過給圧基準値 $U_{s1-vt-bs}$ を用い、図38の式 (52) により、最終過給圧制御入力 $U_{s1-vt-f}$ が算出される。

【0193】

以上のように、本実施形態の制御装置1Bによれば、EGR制御入力 U_{s1-eg} および過給圧制御入力 U_{s1-vt} が、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより算出されるので、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性と、収束挙動および収束速度とを別個に設定することができる。それにより、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の良好な追従応答性を確保できると同時に、吸入空気量 G_{cy1} を、オーバーシュートおよび振動的な挙動を生じることなく、目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に収束させることができ、吸入空気量 G_{cy1} の目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ への収束挙動を安定させることができる。

【0194】

これに加えて、EGR制御入力 U_{s1-eg} および過給圧制御入力 U_{s1-vt} が、目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにおいて、1つのフィルタリング値 $G_{cy1-cmd-f}$ を共用しながら、算出されるので、吸入空気量制御におけるEGR制御処理および過給圧制御処理が互いに干渉し合うのを回避することができる。これに加えて、EGR制御入力 U_{s1-eg} および過給圧制御入力 U_{s1-vt} が、1つの切換関数 σ_{gcy1} の値を共用しながら算出されるので、EGR制御処理および過給圧制御処理が互いに干渉し合うのをさらに効果的に回避することができる。

【0195】

また、目標値フィルタ211において、目標値フィルタ設定パラメータ $POL E-f^*$ は、 $ADGCYL1 \leq ADGCYL \leq ADGCYL2$ の範囲では、偏差絶対値 $ADGCYL$ が大きいほど、より大きい値（より値0に近い値）に設定され、フィルタリング値 $G_{cy1-cmd-f}$ に対する目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ の反映度合いが高められるので、偏差絶対値 $ADGCYL$ が大きく、吸入空気量 G_{cy1} の変動状態が大きいときには、それに対応して目標吸入空気量 $G_{cy1-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cy1} の追従応答性をより向上させることができる。

【0196】

さらに、EGR制御入力 U_{s1-eg} の算出において、適応則入力 U_{adp-ig} が、切換関数 σ_{gcy1} の忘却積分処理により算出されるので、EGR制御において、EGR量が不適切な値に保持されることがなくなり、その結果、良好な燃焼状態を確保することができる。

【0197】

また、協調ゲインスケジューラ203による4つのゲイン K_{rch-eg} 、 K_{adp-eg} 、 K_{rch-vt} 、 K_{adp-vt} の設定により、目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cyl} の乖離度合いが小さい状態のときには、吸入空気量制御へのEGR制御の寄与度合いを高めると同時に、過給圧制御の寄与度合いを低くすることができる。これと逆により、目標吸入空気量 $G_{cyl-cmd}$ に対する吸入空気量 G_{cyl} の乖離度合いが大きい状態のときには、吸入空気量制御の応答性を高めるべく、吸入空気量制御への過給圧制御の寄与度合いを高めると同時に、EGR制御の寄与度合いを低くすることができ、それにより、吸入空気量制御の応答性を高めることができる。以上により、吸入空気量制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる。

【0198】

なお、前述した各実施形態は、応答指定型制御アルゴリズムとしてスライディングモード制御アルゴリズムを用いた例であるが、応答指定型制御アルゴリズムはこれに限らず、バックステッピング制御アルゴリズムなどの、目標値に対する制御対象の出力の収束挙動および収束速度を指定できる応答指定型制御アルゴリズムであればよい。

【0199】

また、各実施形態は、フィードバック制御アルゴリズムとしてスライディングモード制御アルゴリズムを用いた例であるが、フィードバック制御アルゴリズムはこれに限らず、PID制御アルゴリズムおよびPI制御アルゴリズムなどのフィードバック制御アルゴリズムであればよい。

【0200】

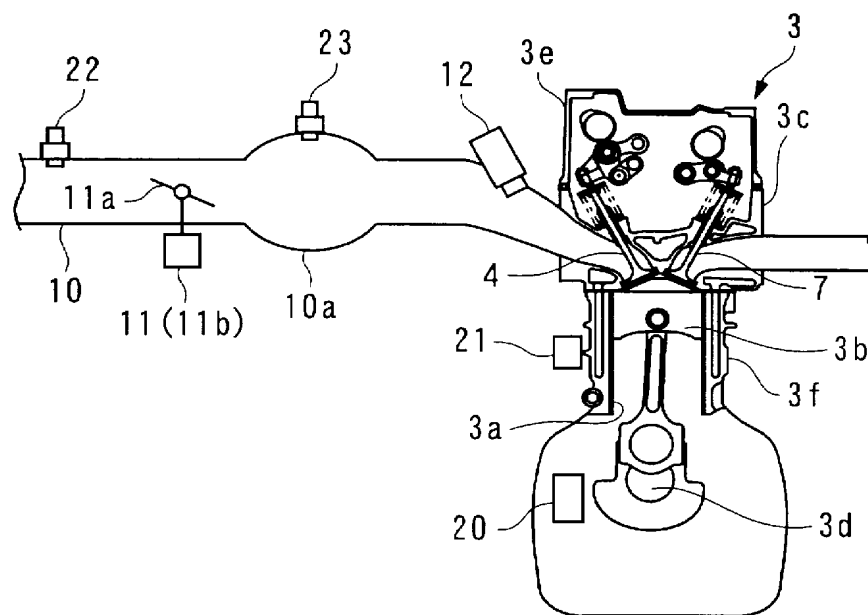
さらに、各実施形態は、本発明の制御装置を内燃機関のアイドル回転数制御または吸入空気量制御を行うものに適用した例であるが、本発明の制御装置はこれに限らず、複数の制御入力により制御対象の出力を制御するものに適用可能である。

【符号の説明】

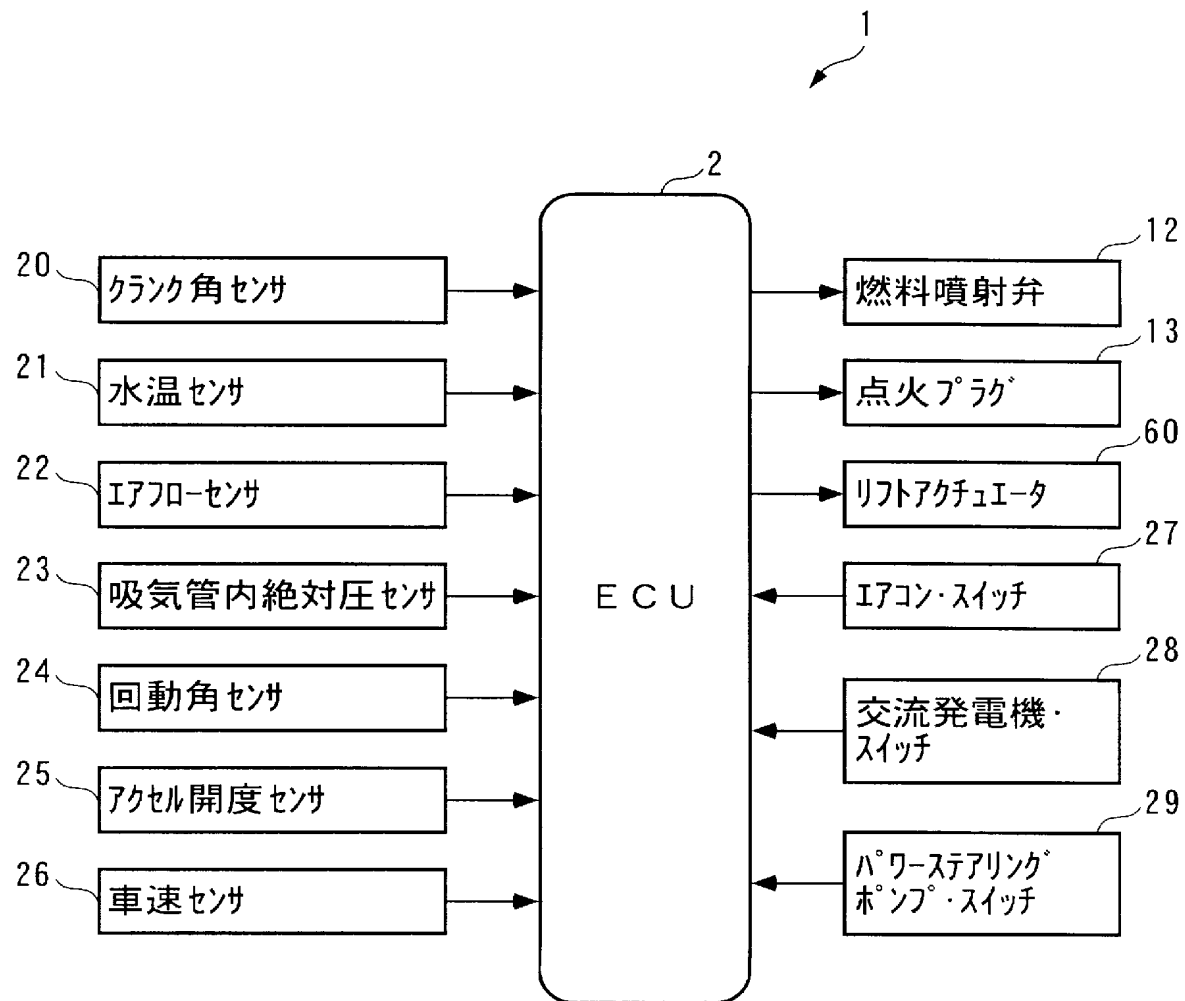
【0201】

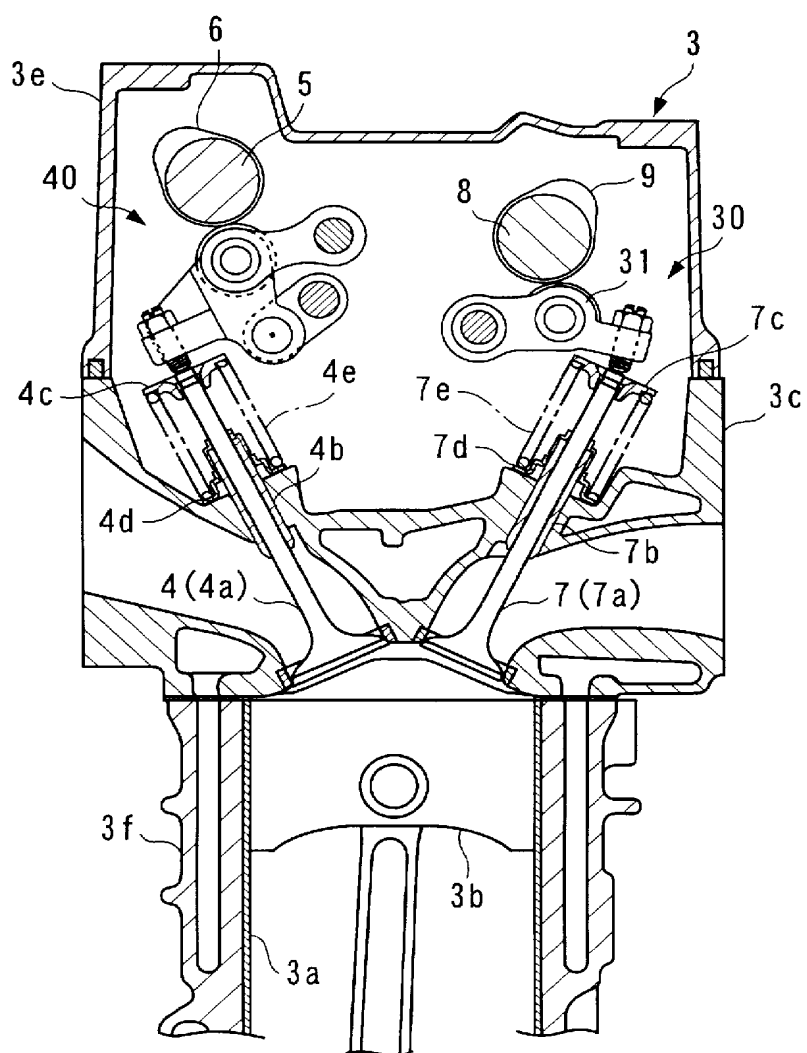
- 1, 1A, 1B 制御装置
- 2 ECU（目標値算出手段、フィルタリング目標値算出手段、制御入力算出手段、外乱推定値算出手段）
- 3 内燃機関
- 70, 100 アイドル回転数コントローラ（制御入力算出手段）
- 71, 101, 201 目標値算出部（目標値算出手段）
- 72, 102, 202 目標値追従応答設定部（フィルタリング目標値算出手段）
- 81, 111, 211 目標値フィルタ（フィルタリング目標値算出手段）
- 114, 124 適応外乱オブザーバ（外乱推定値算出手段）
- 200 協調吸入空気量コントローラ（制御入力算出手段）
- AP アクセル開度（制御対象の状態）
- TW エンジン水温（制御対象の状態）
- NE 回転数（制御対象の出力、制御対象の状態）
- NE-cmd 目標回転数（目標値）
- ADNE 偏差絶対値（目標値の変化度合い）
- NE-cmd-f フィルタリング値（フィルタリング目標値）
- G_{cyl} 吸入空気量（制御対象の出力）
- $G_{cyl-cmd}$ 目標吸入空気量（目標値）

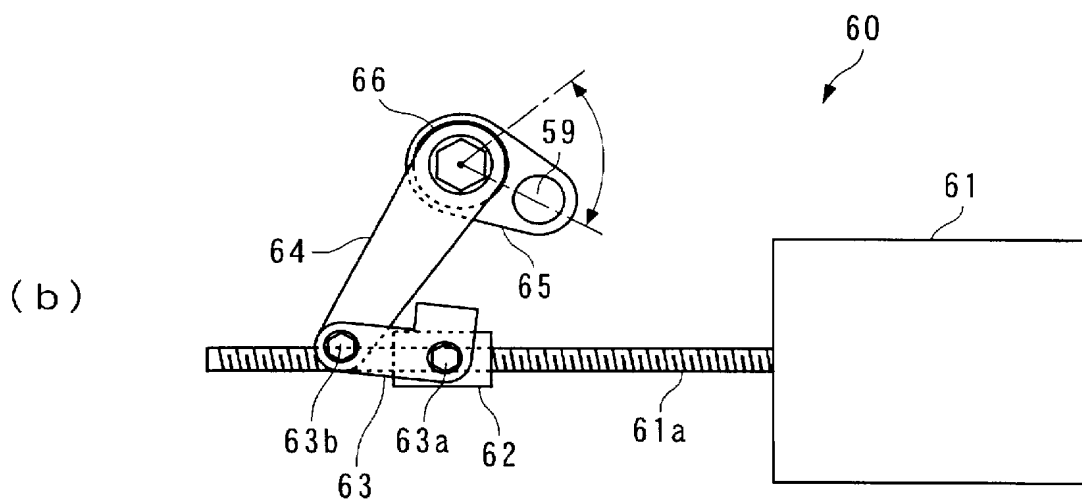
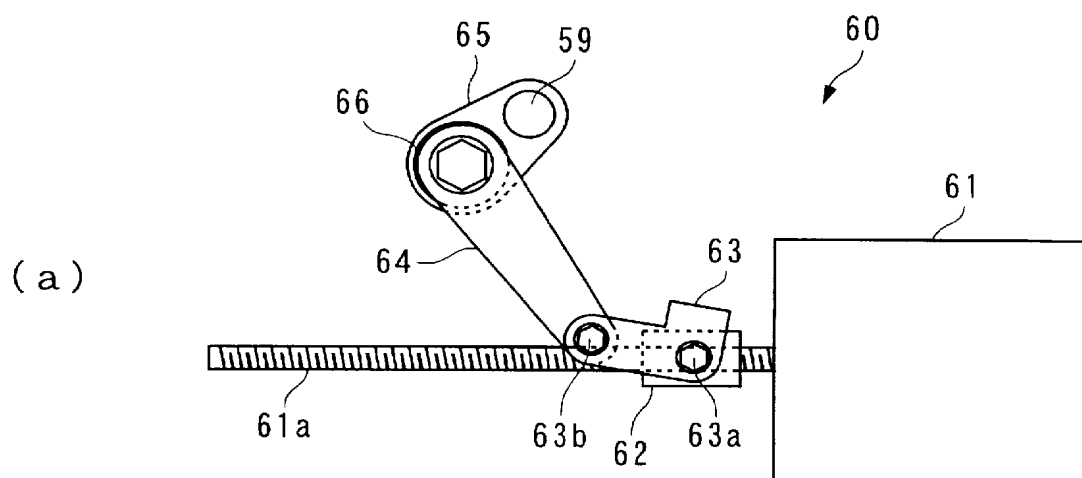
ADGCYL	偏差絶対値（目標値の変化度合い）
Gcyl-cmd-f	フィルタリング値（フィルタリング目標値）
Usl-ig	点火制御入力（制御入力）
Usl-ar	吸気制御入力（制御入力）
σ_{ne}	切換関数（線形関数）
sum- σ_{ne}	忘却積分値（線形関数の積分値）
Krch-ig	到達則ゲイン（ゲイン）
Krch-ar	到達則ゲイン（ゲイン）
Kadp-ig	適応則ゲイン（ゲイン）
Kadp-ar	適応則ゲイン（ゲイン）
cl-ig	外乱推定値
cl-ar	外乱推定値
P-ig	推定ゲイン
P-ar	推定ゲイン
Usl-eg	EGR制御入力（制御入力）
Usl-vt	過給圧制御入力（制御入力）
σ_{gyl}	切換関数（線形関数）
sum- σ_{gyl}	忘却積分値（線形関数の積分値）
Krch-eg	到達則ゲイン（ゲイン）
Krch-vt	到達則ゲイン（ゲイン）
Kadp-eg	適応則ゲイン（ゲイン）
Kadp-vt	適応則ゲイン（ゲイン）



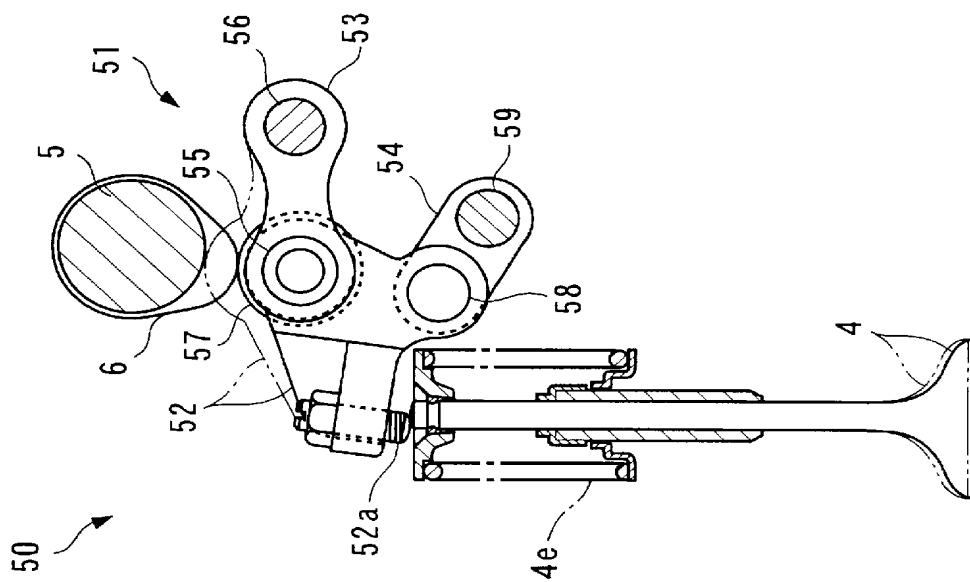
【図 2】



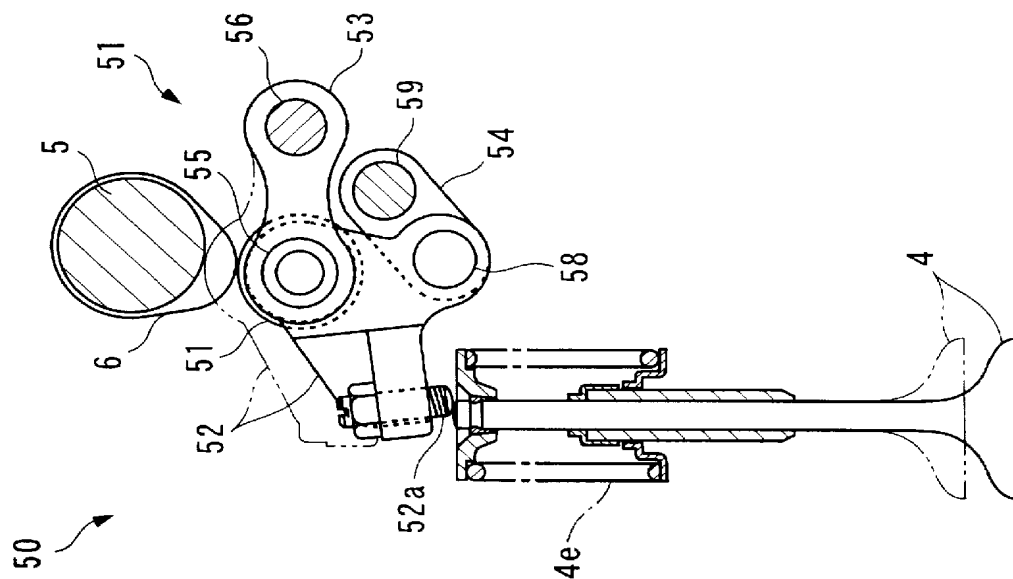




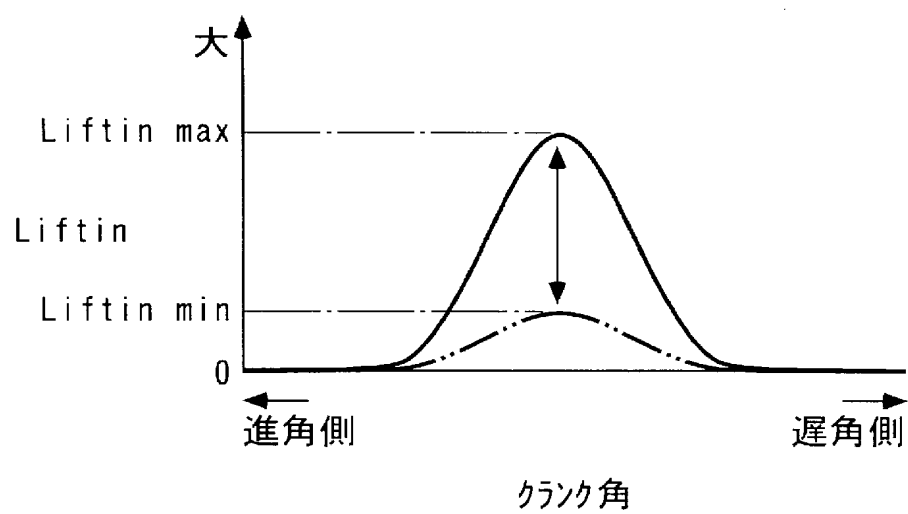
(b)

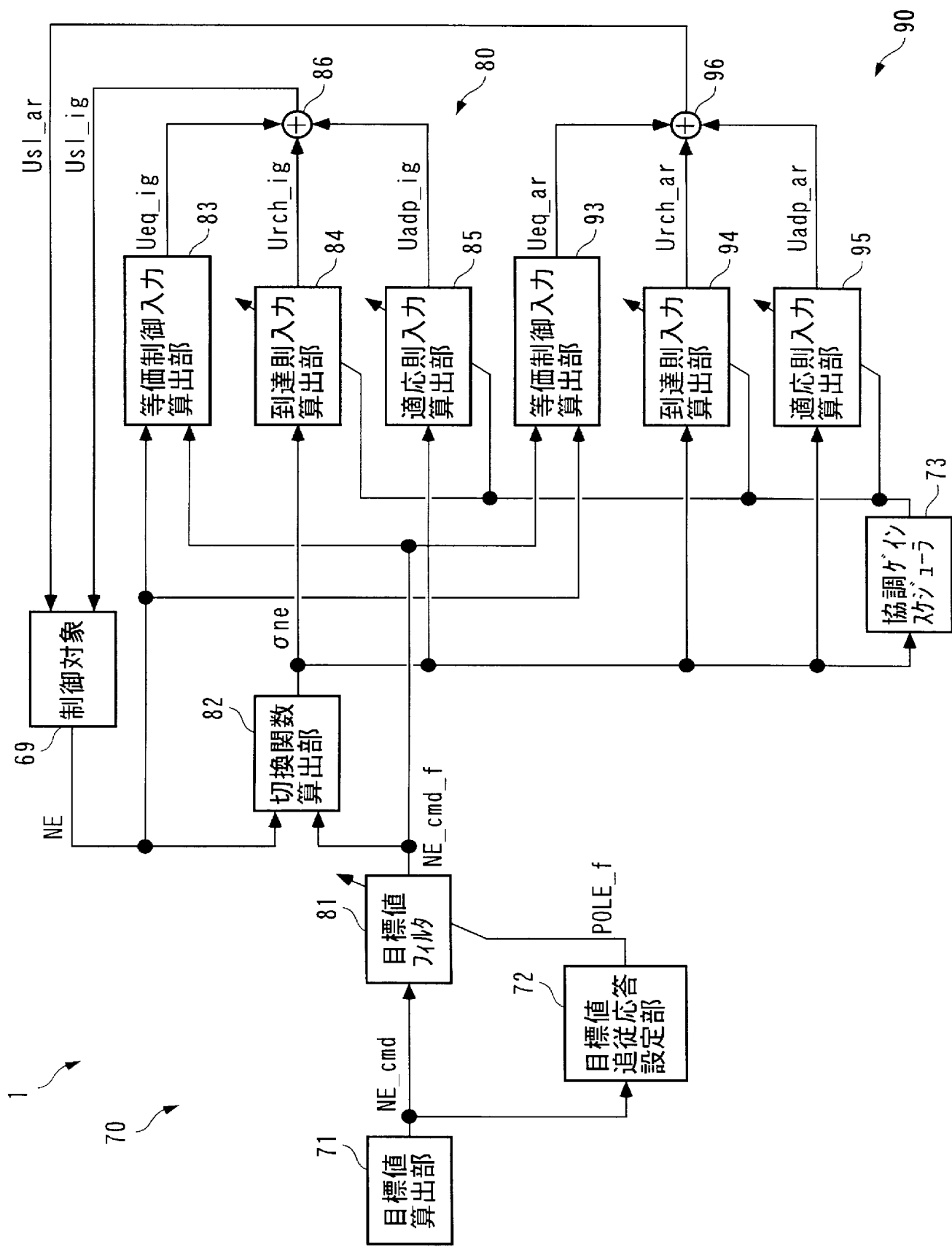


(a)

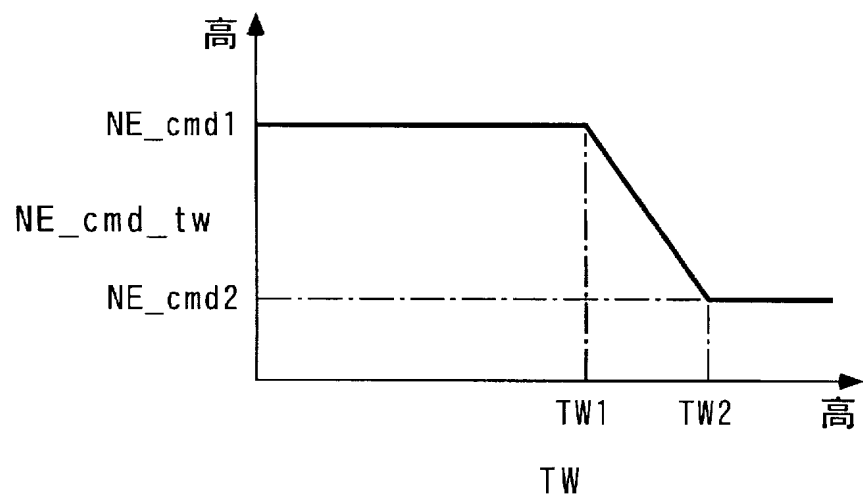


【図 7】

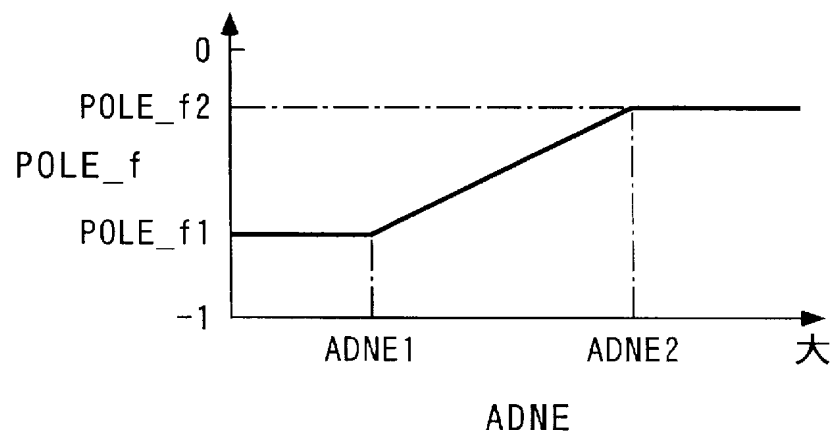




【图 9】



【图 10】



$$NE_cmd_f(k) = -POLE_f \cdot NE_cmd_f(k-1) + (1+POLE_f) \cdot NE_cmd(k) \quad \dots\dots (1)$$

$$\sigma_{ne}(k) = Ene(k) + POLE \cdot Ene(k-1) \quad \dots\dots (2)$$

$$Ene(k) = NE(k) - NE_cmd_f(k-1) \quad \dots\dots (3)$$

$$Ueq_ig(k) = \frac{1}{b1} \{ (1-a1-POLE) \cdot NE(k) + (POLE-a2) \cdot NE(k-1) \\ - b2 \cdot Usl_ig(k-1) + NE_cmd_f(k) \\ + (POLE-1) \cdot NE_cmd_f(k-1) - POLE \cdot NE_cmd_f(k-2) \} \quad \dots\dots (4)$$

$$Urch_ig(k) = \frac{-Krch_ig}{b1} \cdot \sigma_{ne}(k) \quad \dots\dots (5)$$

$$sum_ \sigma_{ne}(k) = FGT \cdot sum_ \sigma_{ne}(k-1) + \sigma_{ne}(k) \quad \dots\dots (6)$$

$$Uadp_ig(k) = \frac{-Kadp_ig}{b1} \cdot sum_ \sigma_{ne}(k) \quad \dots\dots (7)$$

$$Usl_ig(k) = Ueq_ig(k) + Urch_ig(k) + Uadp_ig(k) \quad \dots\dots (8)$$

$$U_{eq_ar}(k) = \frac{1}{b1'} \{ (1 - a1' - POLE) \cdot NE(k) + (POLE - a2') \cdot NE(k-1) \\ - b2' \cdot U_{sl_ar}(k-1) + NE_cmd_f(k) \\ + (POLE - 1) \cdot NE_cmd_f(k-1) - POLE \cdot NE_cmd_f(k-2) \} \dots\dots (9)$$

$$U_{rch_ar}(k) = \frac{-K_{rch_ar}}{b1'} \cdot \sigma_{ne}(k) \dots\dots (10)$$

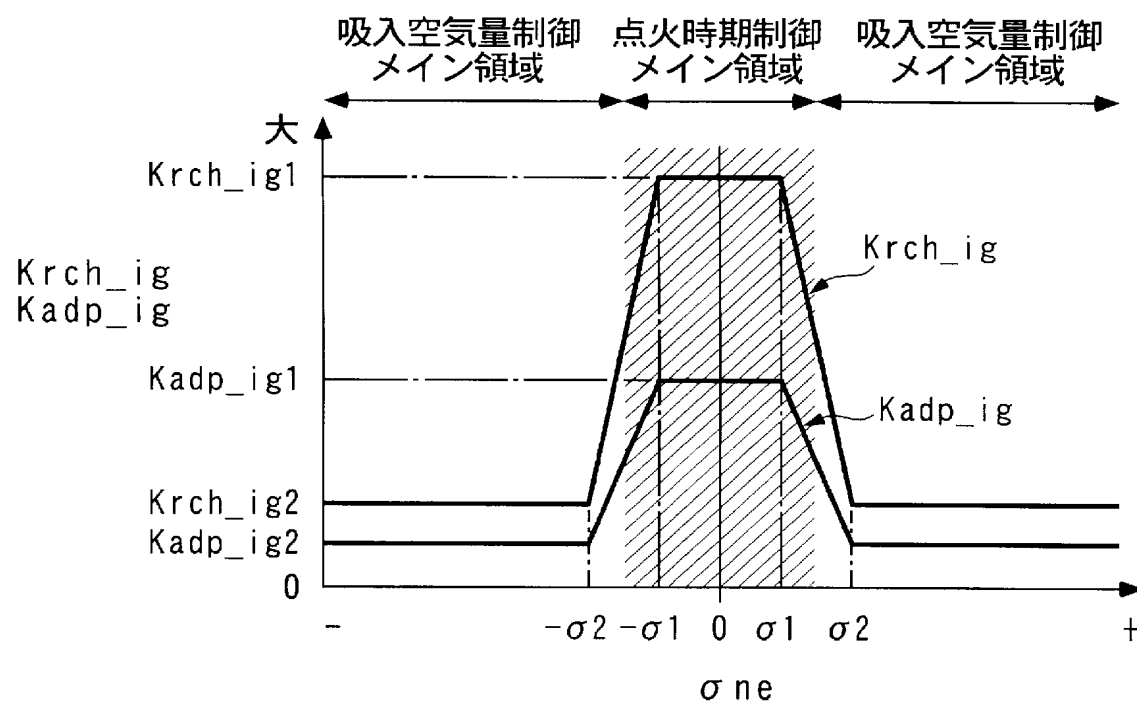
$$U_{adp_ar}(k) = \frac{-K_{adp_ar}}{b1'} \cdot \sum_{i=0}^k \cdot \sigma_{ne}(i) \dots\dots (11)$$

$$U_{sl_ar}(k) = U_{eq_ar}(k) + U_{rch_ar}(k) + U_{adp_ar}(k) \dots\dots (12)$$

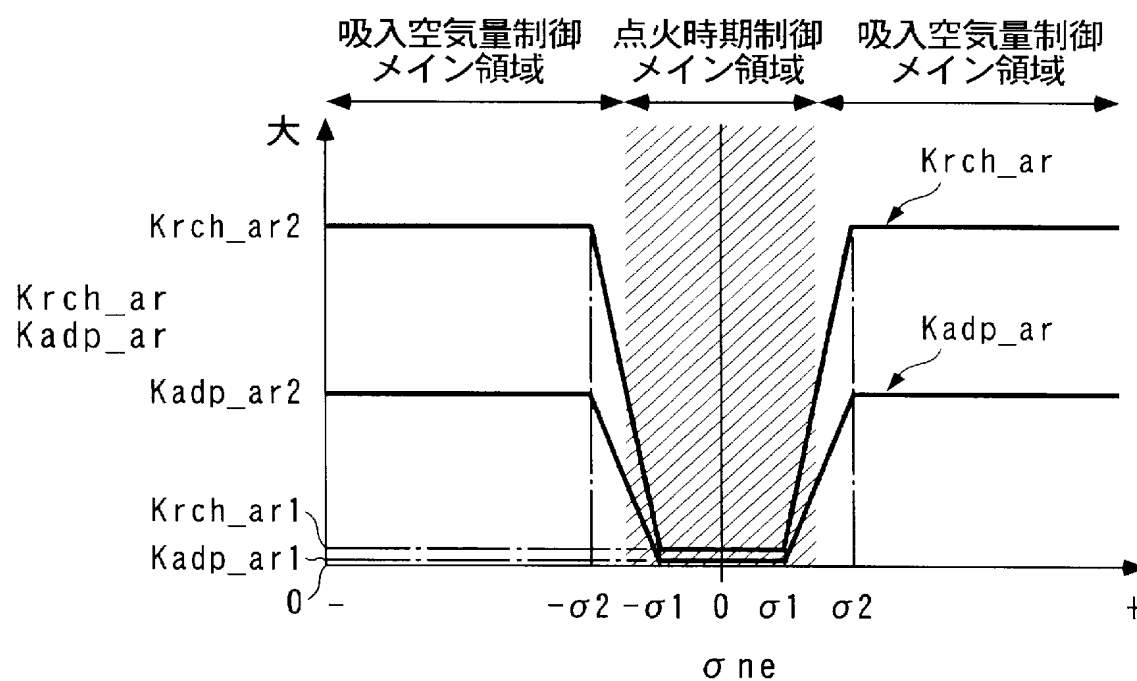
$$NE(k+1) = a1 \cdot NE(k) + a2 \cdot NE(k-1) + b1 \cdot U_{sl_ig}(k) + b2 \cdot U_{sl_ig}(k-1) \\ \dots\dots (13)$$

$$NE(k+1) = a1' \cdot NE(k) + a2' \cdot NE(k-1) + b1' \cdot U_{sl_ar}(k) + b2' \cdot U_{sl_ar}(k-1) \\ \dots\dots (14)$$

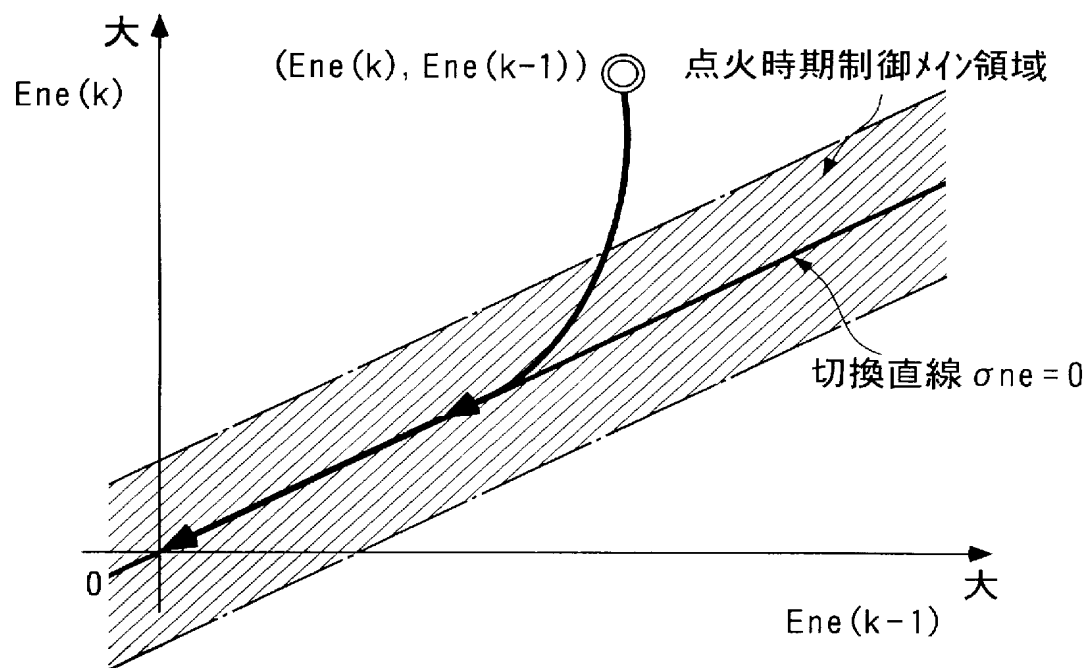
【図 1 3】



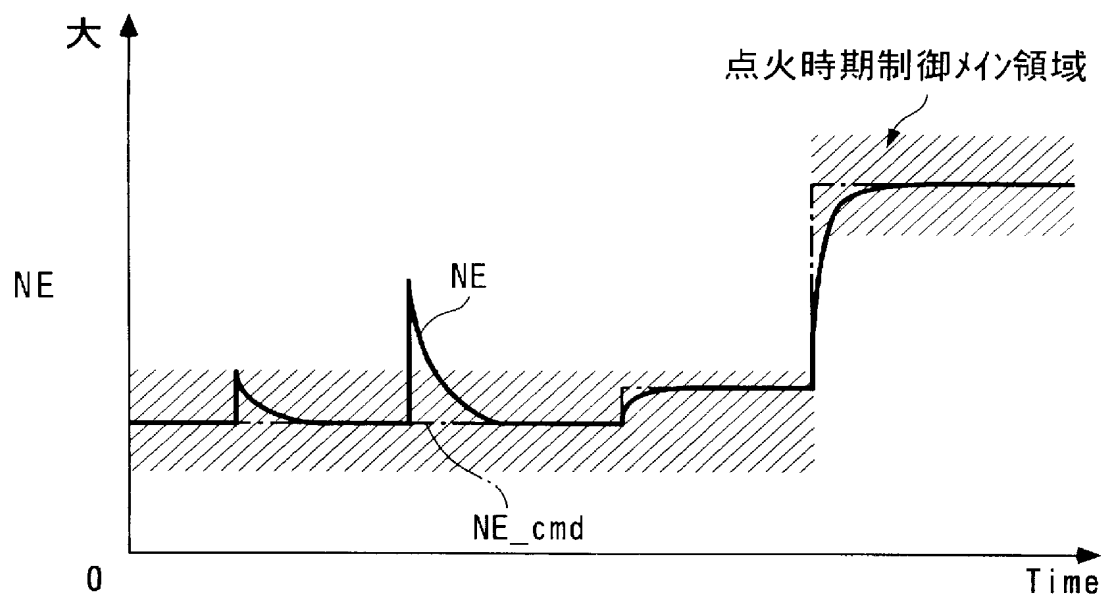
【図 1 4】

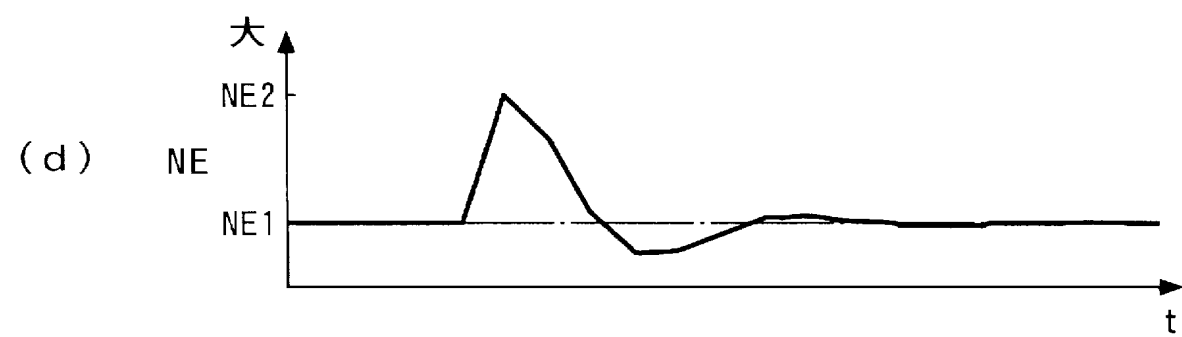
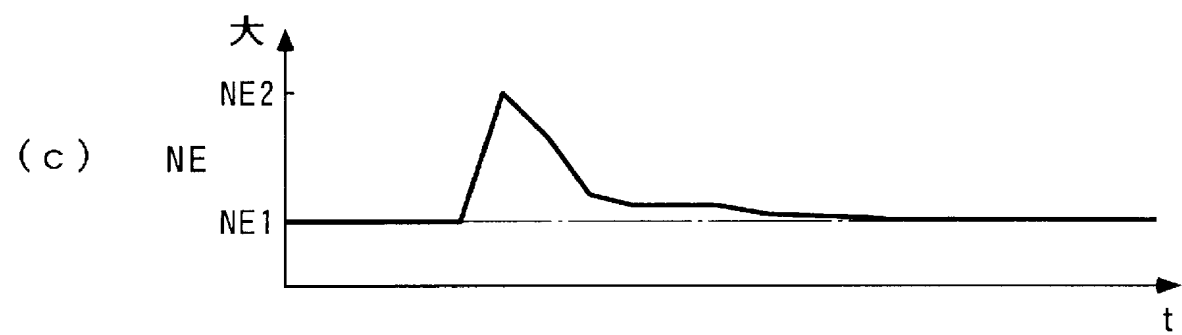
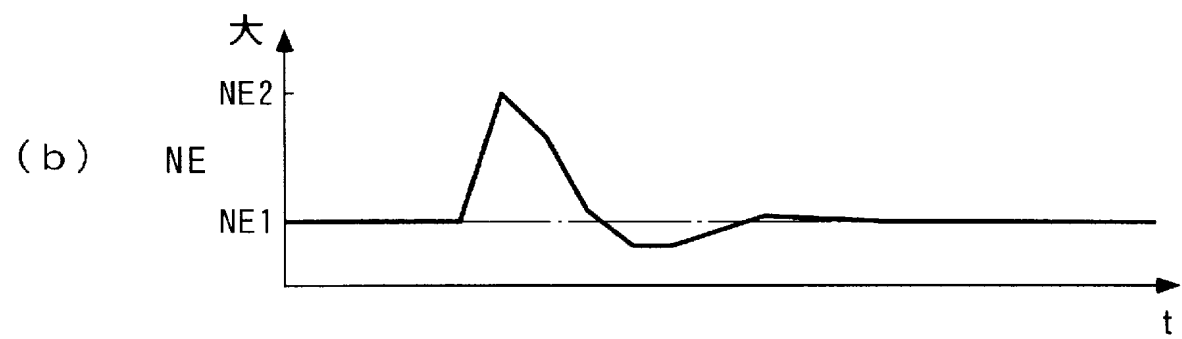
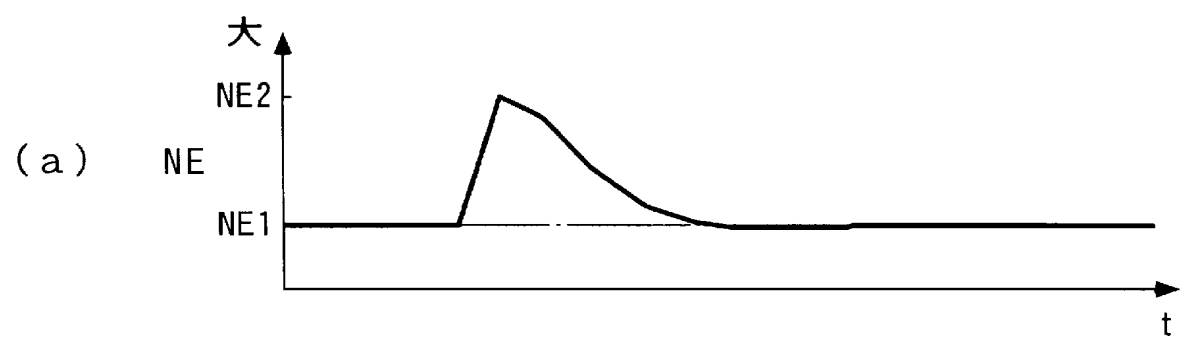


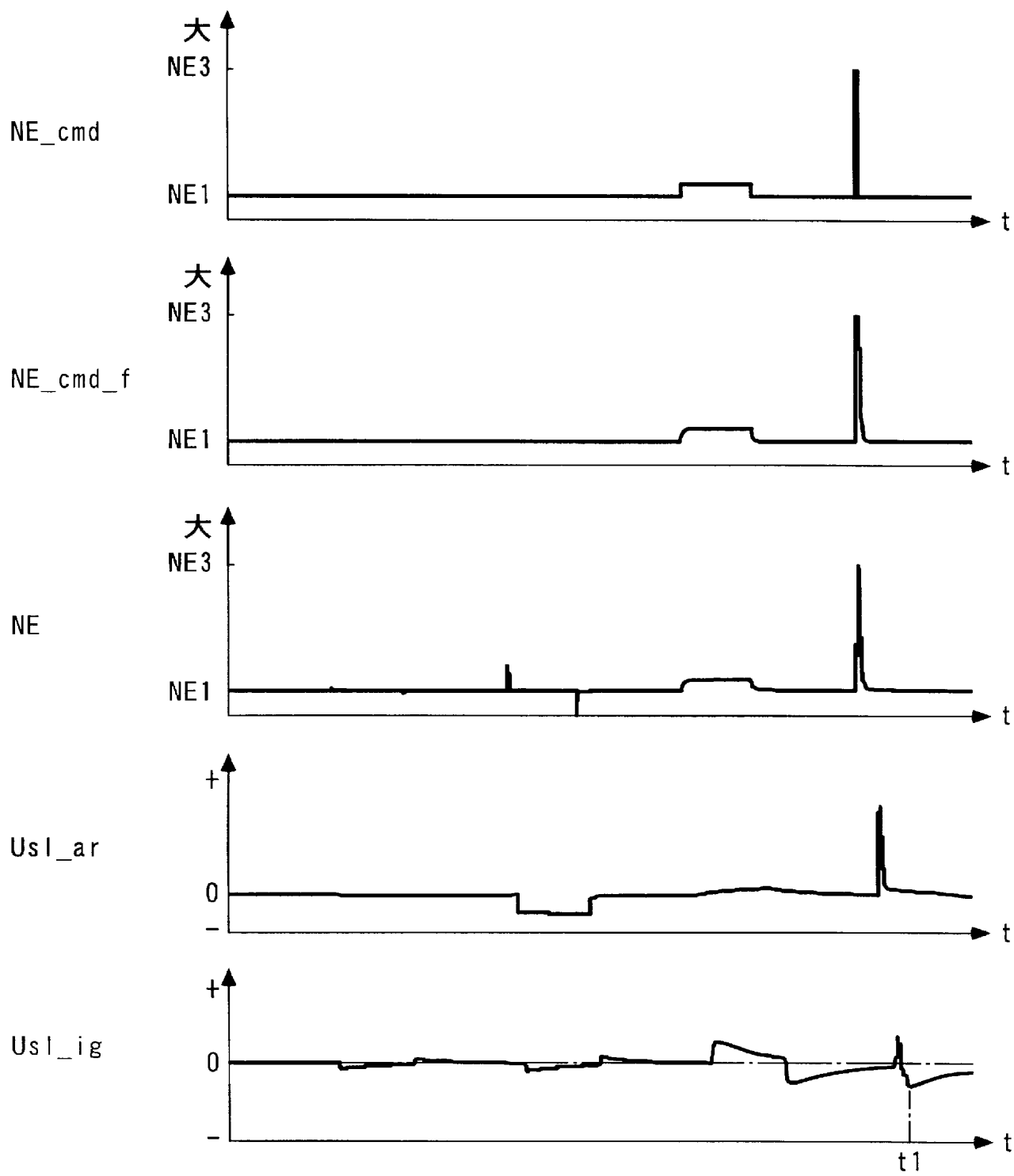
【図 1 5】

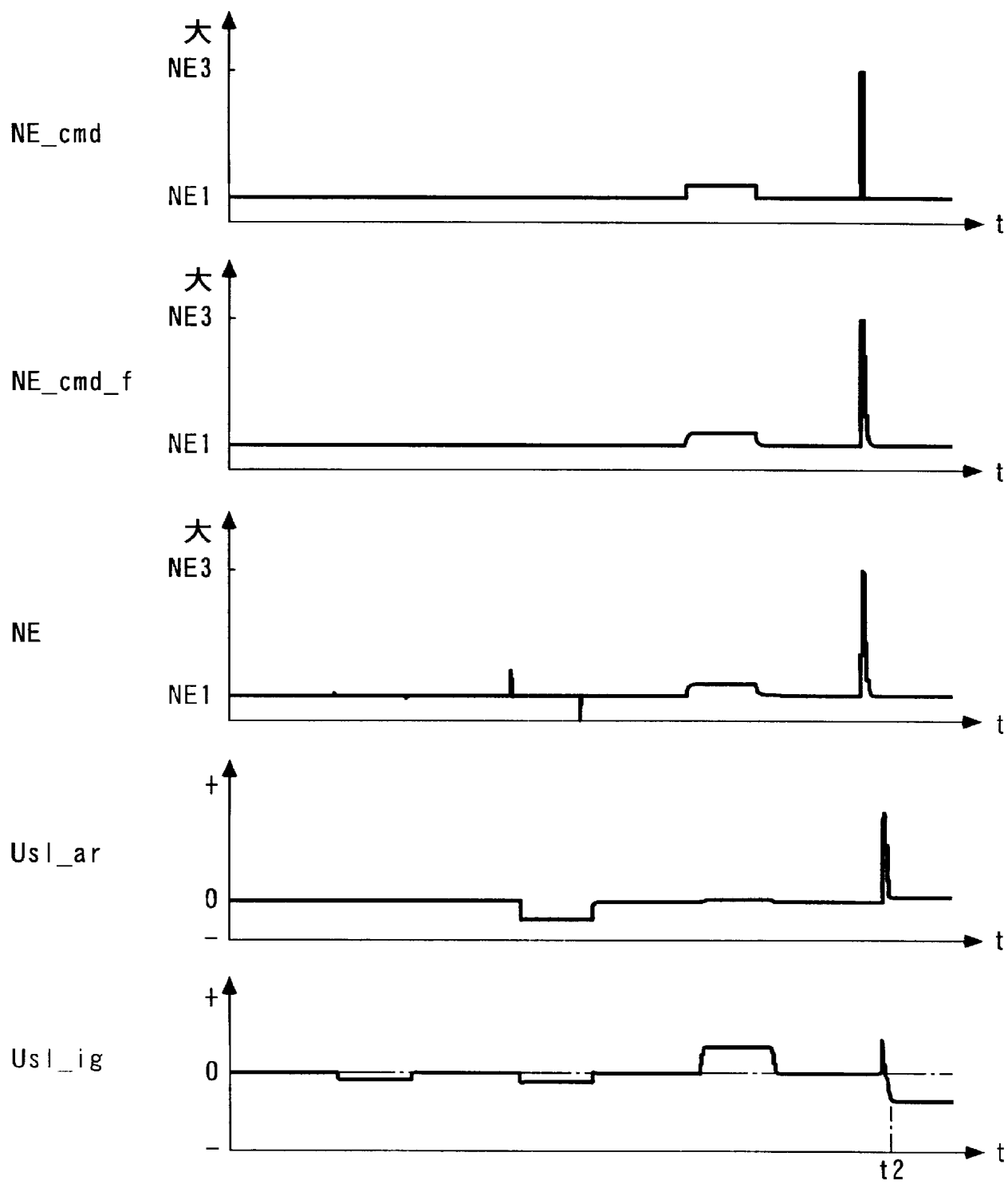


【図 1 6】

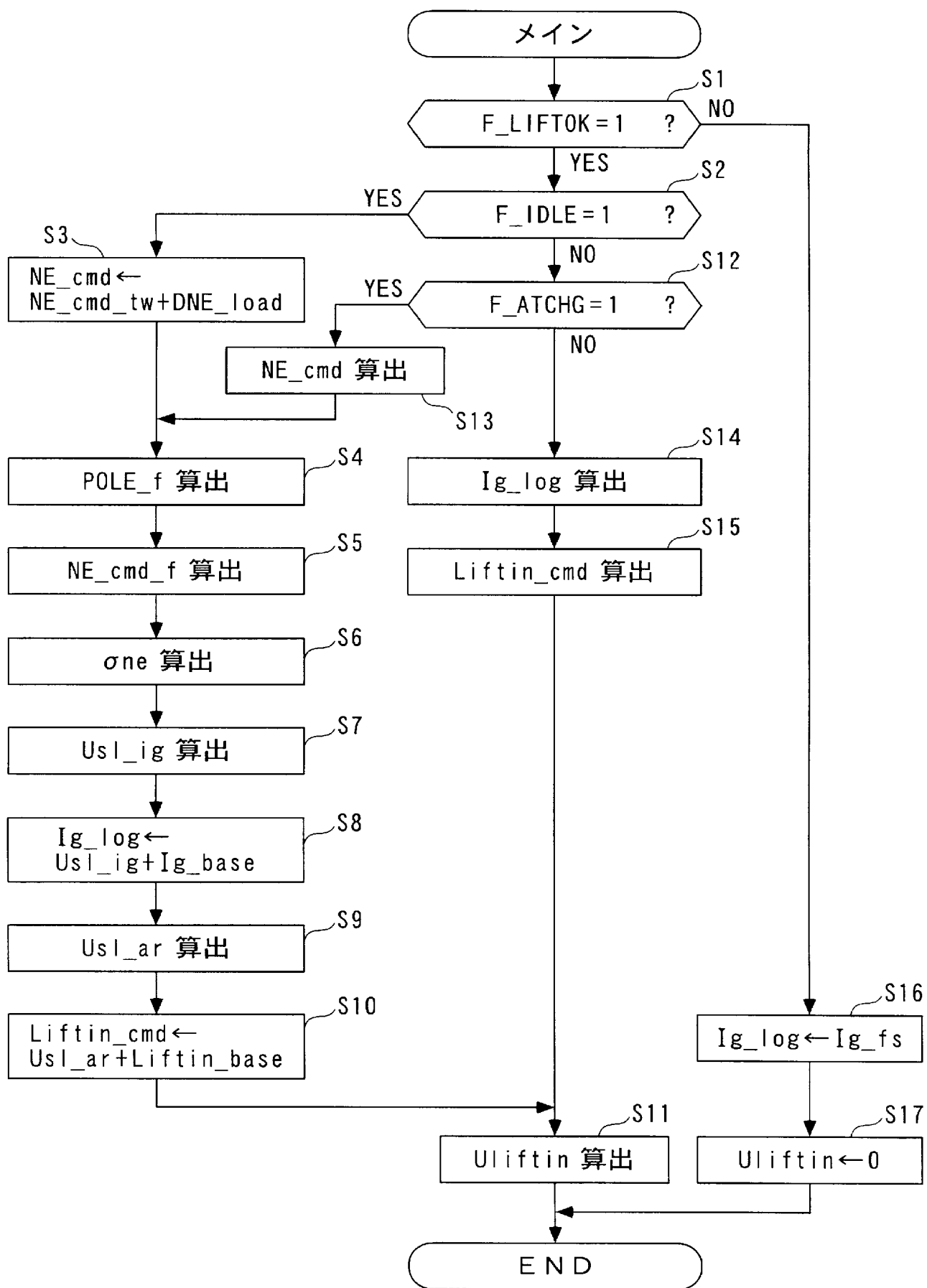




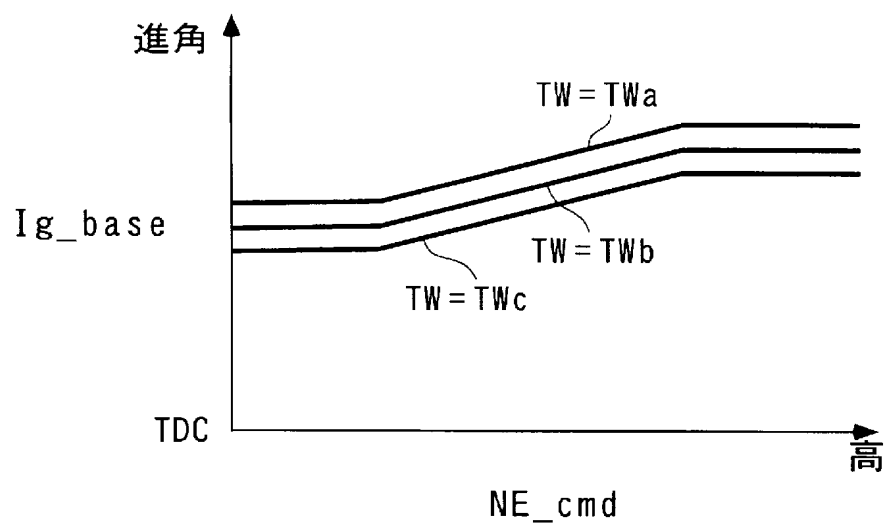




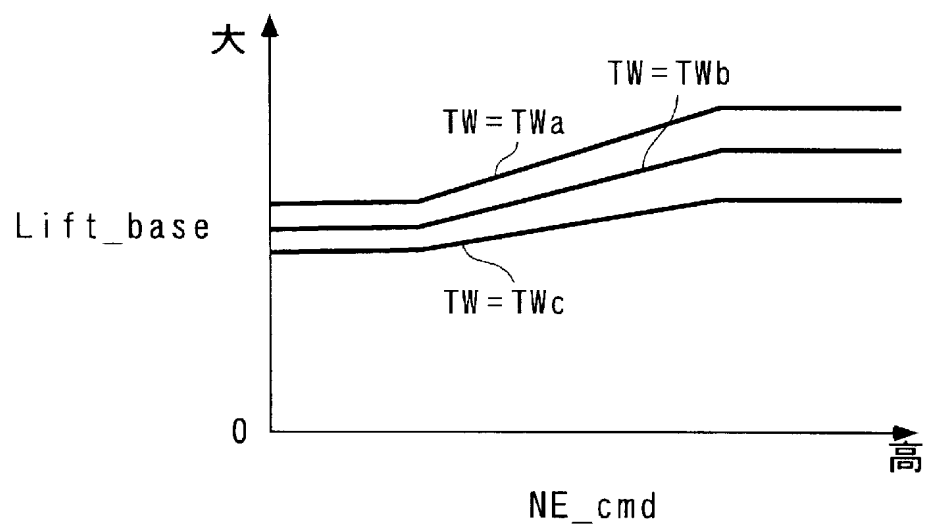
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



$$\begin{aligned} \text{Liftin_cmd_f}(k) = & -\text{POLE_f''} \cdot \text{Liftin_cmd_f}(k-1) \\ & + (1 + \text{POLE_f''}) \cdot \text{Liftin_cmd}(k) \end{aligned} \quad \dots\dots (15)$$

$$\sigma_{li}(k) = \text{Eli}(k) + \text{POLE''} \cdot \text{Eli}(k-1) \quad \dots\dots (16)$$

$$\text{Eli}(k) = \text{Liftin}(k) - \text{Liftin_cmd_f}(k-1) \quad \dots\dots (17)$$

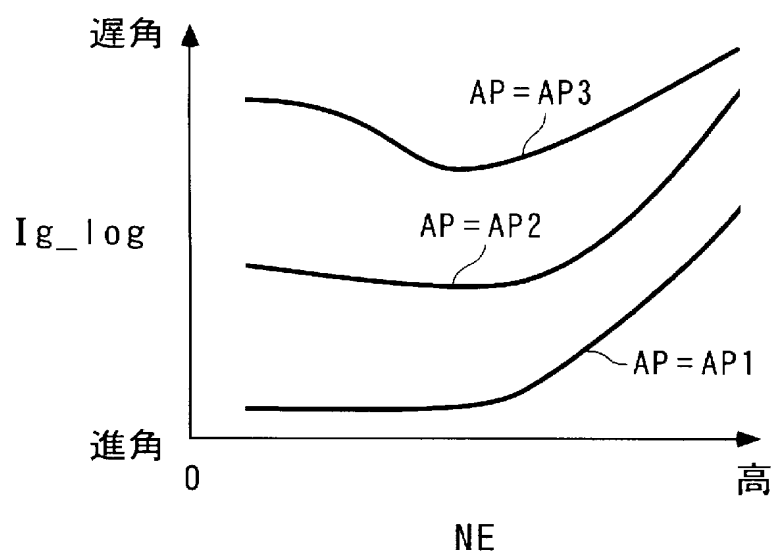
$$\begin{aligned} \text{Ueq_li}(k) = & \frac{1}{b1'''} \{ (1 - a1'' - \text{POLE''}) \cdot \text{Liftin}(k) + (\text{POLE''} - a2') \cdot \text{Liftin}(k-1) \\ & - b2'' \cdot \text{Uliftin}(k-1) + \text{Liftin_cmd_f}(k) \\ & + (\text{POLE''} - 1) \cdot \text{Liftin_cmd_f}(k-1) - \text{POLE''} \cdot \text{Liftin_cmd_f}(k-2) \} \end{aligned} \quad \dots\dots (18)$$

$$\text{Urch_li}(k) = \frac{-\text{Krch_li}}{b1'''} \cdot \sigma_{li}(k) \quad \dots\dots (19)$$

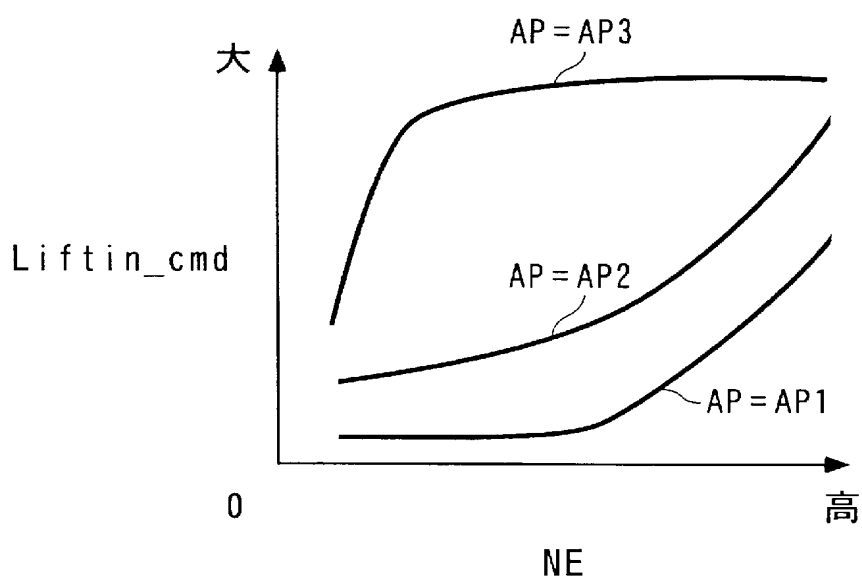
$$\text{Uadp_li}(k) = \frac{-\text{Kadp_li}}{b1'''} \cdot \sum_{i=0}^k \cdot \sigma_{li}(i) \quad \dots\dots (20)$$

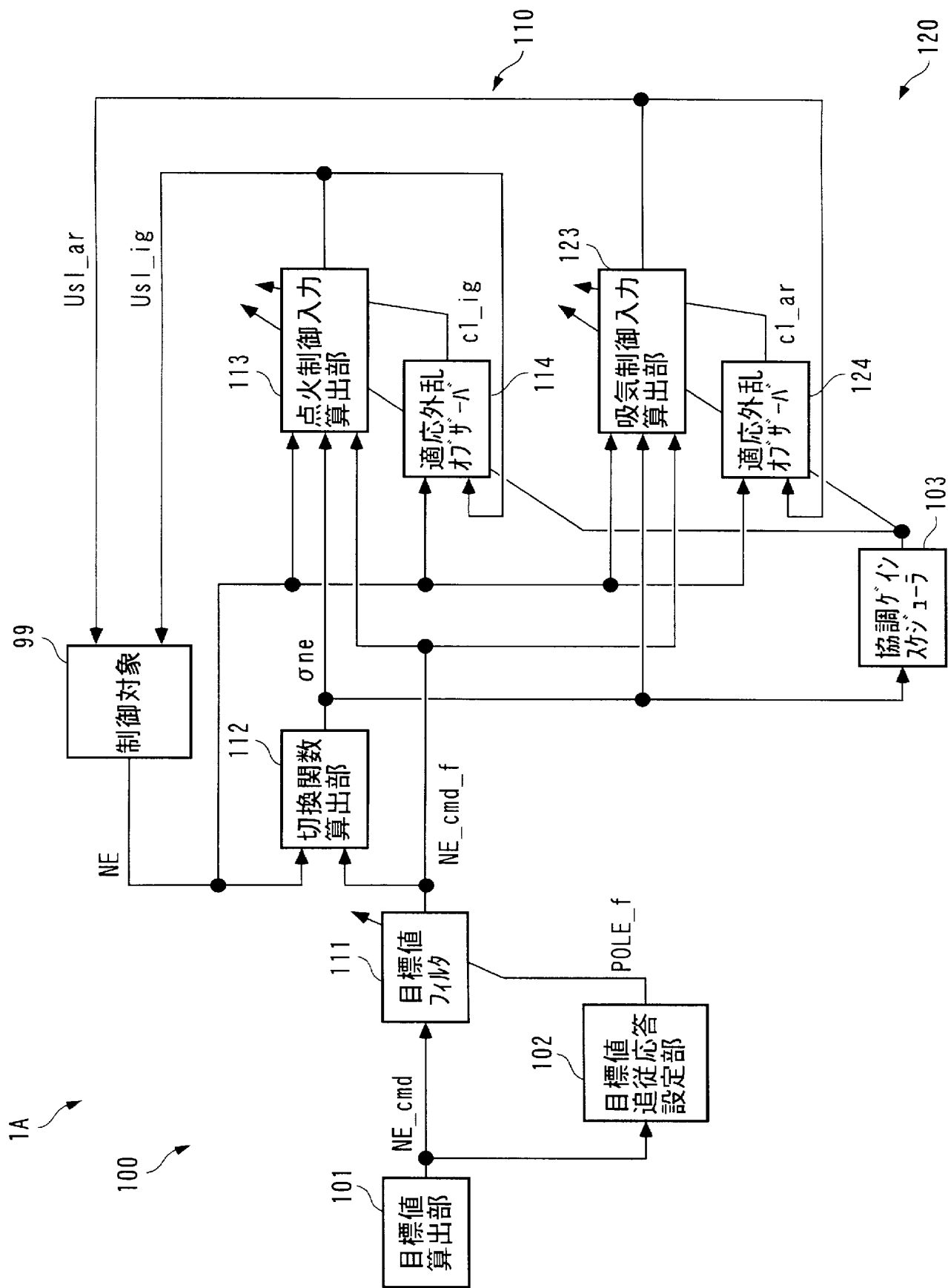
$$\text{Uliftin}(k) = \text{Ueq_li}(k) + \text{Urch_li}(k) + \text{Uadp_li}(k) \quad \dots\dots (21)$$

【図 2 4】



【図 2 5】





$$NE_cmd_f(k) = -POLE_f \cdot NE_cmd_f(k-1) + (1+POLE_f) \cdot NE_cmd(k) \quad \dots\dots (2-2)$$

$$\sigma_{ne}(k) = Ene(k) + POLE \cdot Ene(k-1) \quad \dots\dots (2-3)$$

$$Ene(k) = NE(k) - NE_cmd_f(k-1) \quad \dots\dots (2-4)$$

$$Ueq_ig(k) = \frac{1}{b1} \{ (1-a1-POLE) \cdot NE(k) + (POLE-a2) \cdot NE(k-1) - b2 \cdot UsI_ig(k-1) \\ + NE_cmd_f(k) + (POLE-1) \cdot NE_cmd_f(k-1) - POLE \cdot NE_cmd_f(k-2) \\ - c1_ig(k) \} \quad \dots\dots (2-5)$$

$$Urch_ig(k) = \frac{-Krch_ig}{b1} \cdot \sigma_{ne}(k) \quad \dots\dots (2-6)$$

$$UsI_ig(k) = Ueq_ig(k) + Urch_ig(k) \quad \dots\dots (2-7)$$

$$NE_hat(k) = a1 \cdot NE(k-1) + a2 \cdot NE(k-2) + b1 \cdot UsI_ig(k-1) + b2 \cdot UsI_ig(k-2) \\ + c1_ig(k-1) \quad \dots\dots (2-8)$$

$$e_dov_ig(k) = NE(k) - NE_hat(k) \quad \dots\dots (2-9)$$

$$c1_ig(k) = FGT_dov \cdot c1_ig(k-1) + \frac{P_ig}{1+P_ig} \cdot e_dov_ig(k) \quad \dots\dots (3-0)$$

$$\begin{aligned}
 Ueq_ar(k) = & \frac{1}{b1'} \{ (1 - a1' - POLE) \cdot NE(k) + (POLE - a2') \cdot NE(k-1) - b2' \cdot UsI_ig(k-1) \\
 & + NE_cmd_f(k) + (POLE - 1) \cdot NE_cmd_f(k-1) - POLE \cdot NE_cmd_f(k-2) \\
 & - c1_ar(k) \} \quad \dots\dots (31)
 \end{aligned}$$

$$Urch_ar(k) = \frac{-Krch_ar}{b1'} \cdot \sigma_{ne}(k) \quad \dots\dots (32)$$

$$UsI_ar(k) = Ueq_ar(k) + Urch_ar(k) + Uadp_ar(k) \quad \dots\dots (33)$$

$$\begin{aligned}
 NE_hat(k) = & a1' \cdot NE(k-1) + a2' \cdot NE(k-2) + b1' \cdot UsI_ar(k-1) + b2' \cdot UsI_ar(k-2) \\
 & + c1_ar(k-1) \quad \dots\dots (34)
 \end{aligned}$$

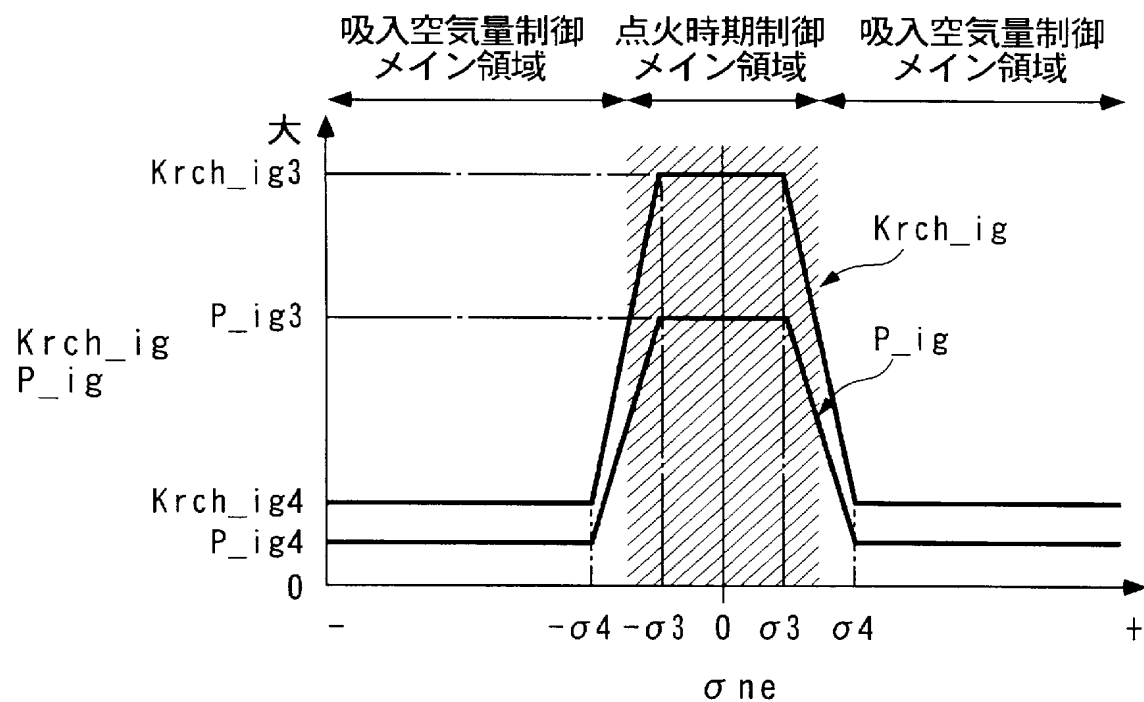
$$e_dov_ar(k) = NE(k) - NE_hat(k) \quad \dots\dots (35)$$

$$c1_ar(k) = c1_ar(k-1) + \frac{P_ar}{1+P_ar} \cdot e_dov_ar(k) \quad \dots\dots (36)$$

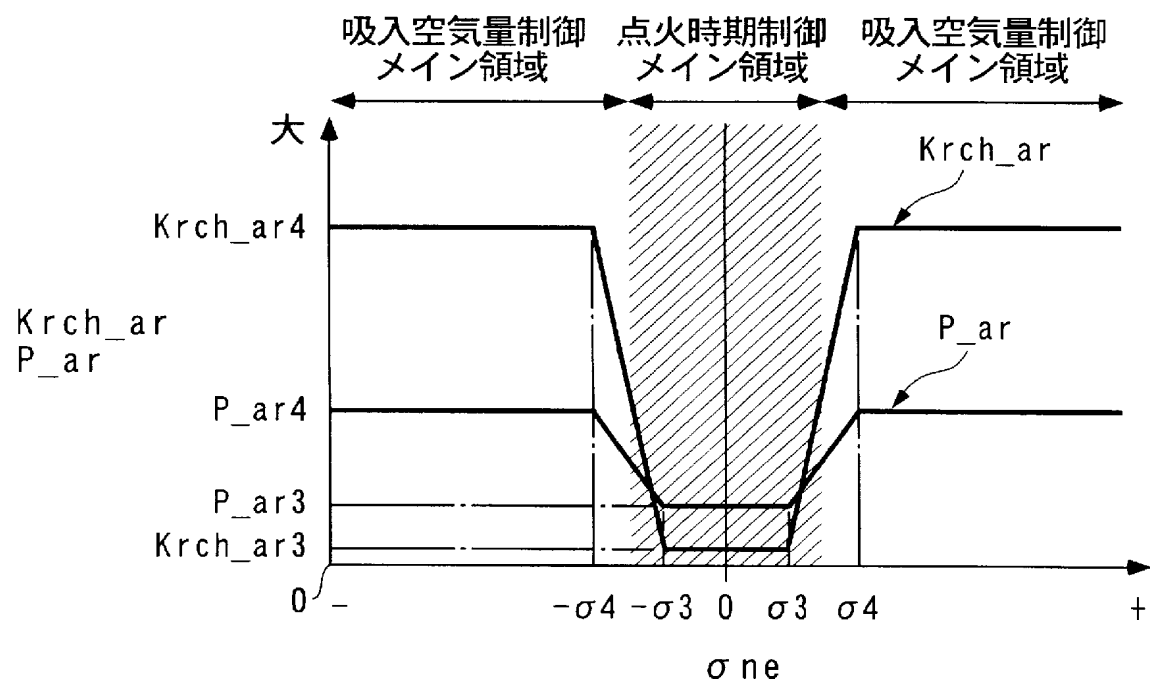
$$\begin{aligned}
 NE(k+1) = & a1 \cdot NE(k) + a2 \cdot NE(k-1) + b1 \cdot UsI_ig(k) + b2 \cdot UsI_ig(k-1) + c1_ig \\
 & \dots\dots (37)
 \end{aligned}$$

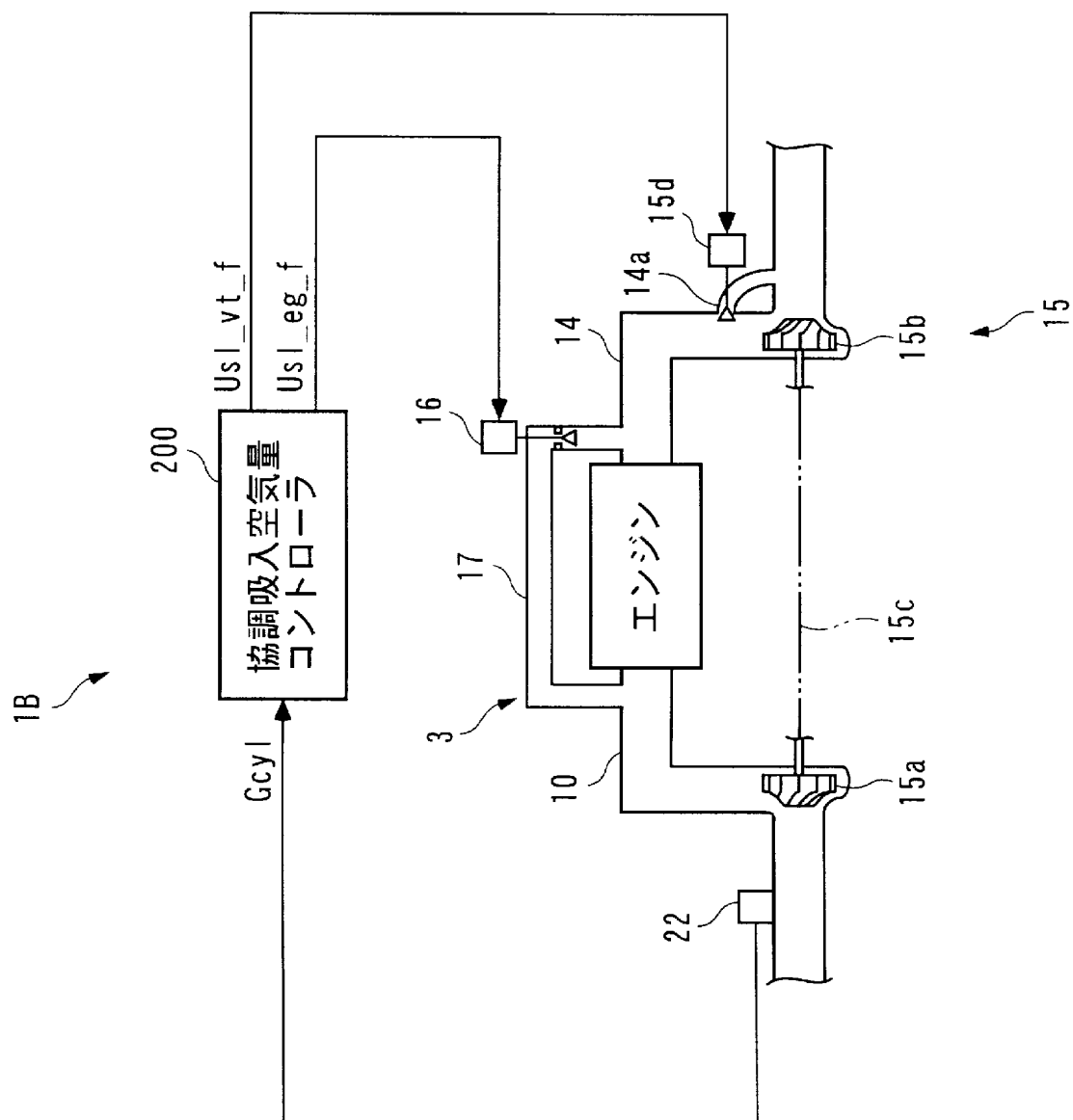
$$\begin{aligned}
 NE(k+1) = & a1' \cdot NE(k) + a2' \cdot NE(k-1) + b1' \cdot UsI_ar(k) + b2' \cdot UsI_ar(k-1) + c1_ar \\
 & \dots\dots (38)
 \end{aligned}$$

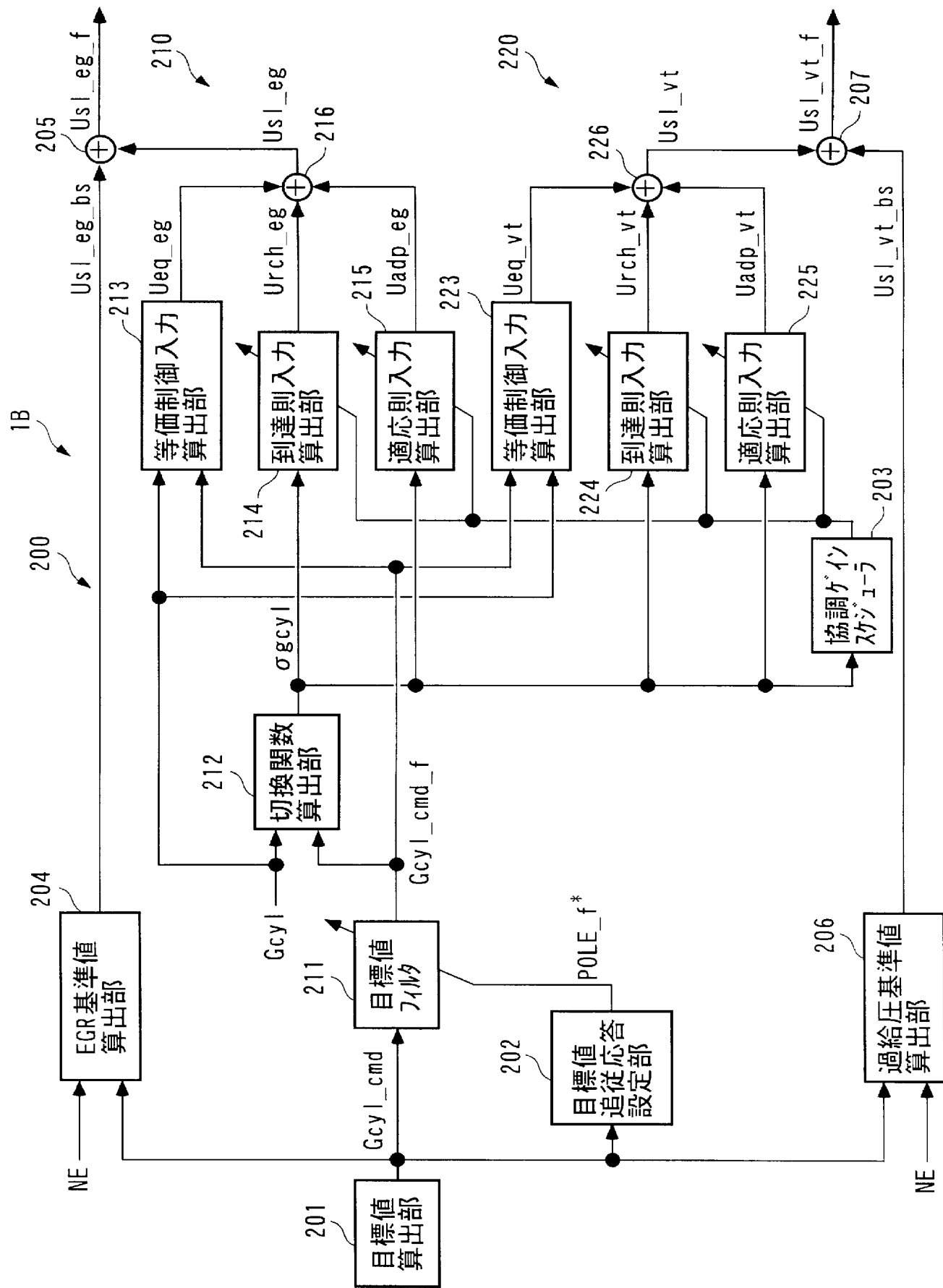
【図 2 9】



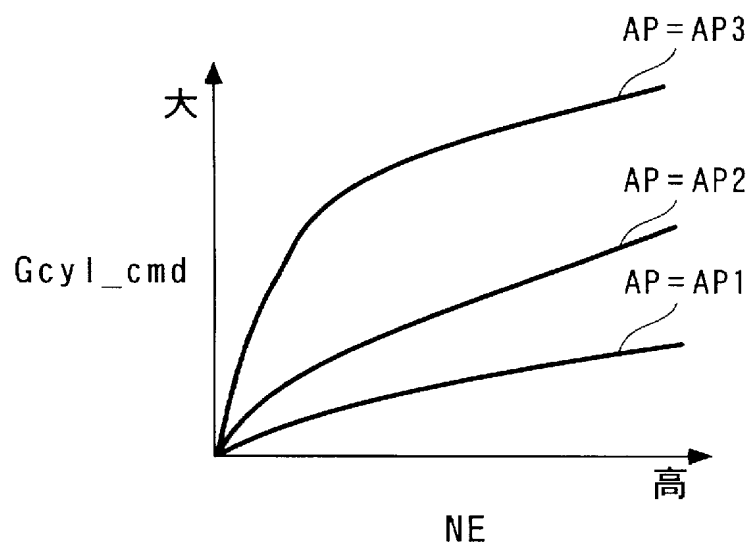
【図 3 0】



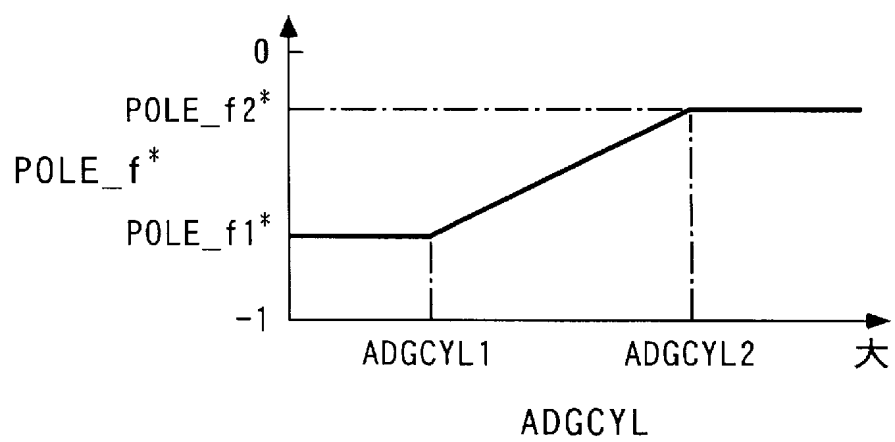




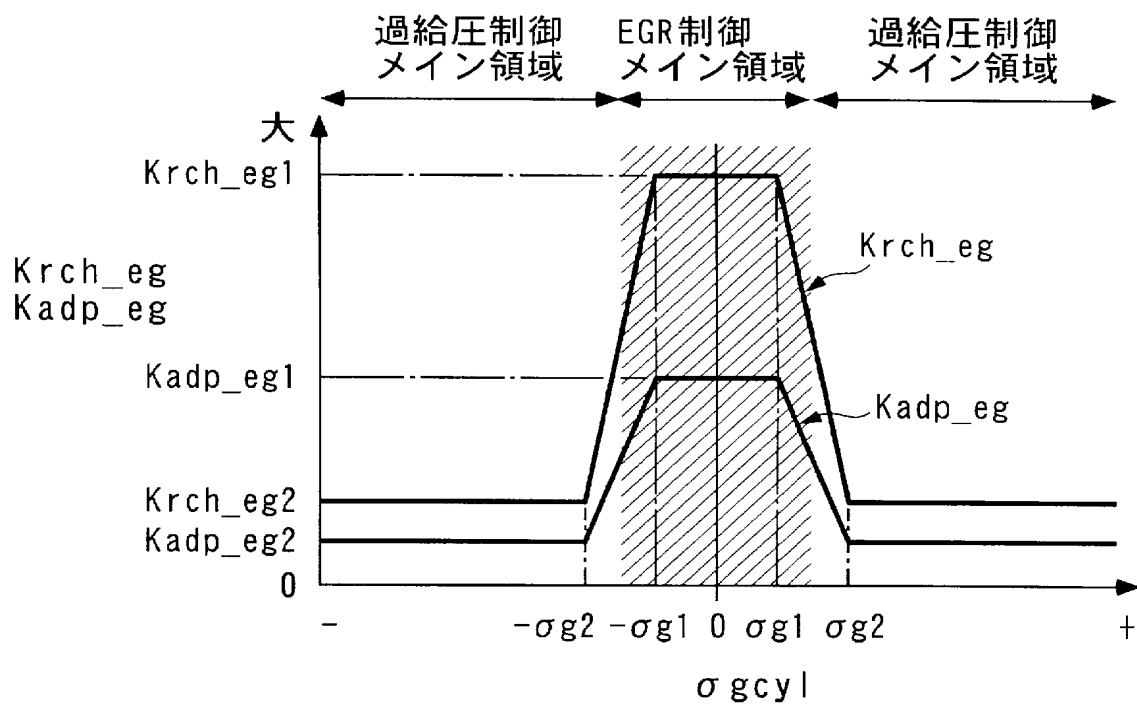
【图 3 3】



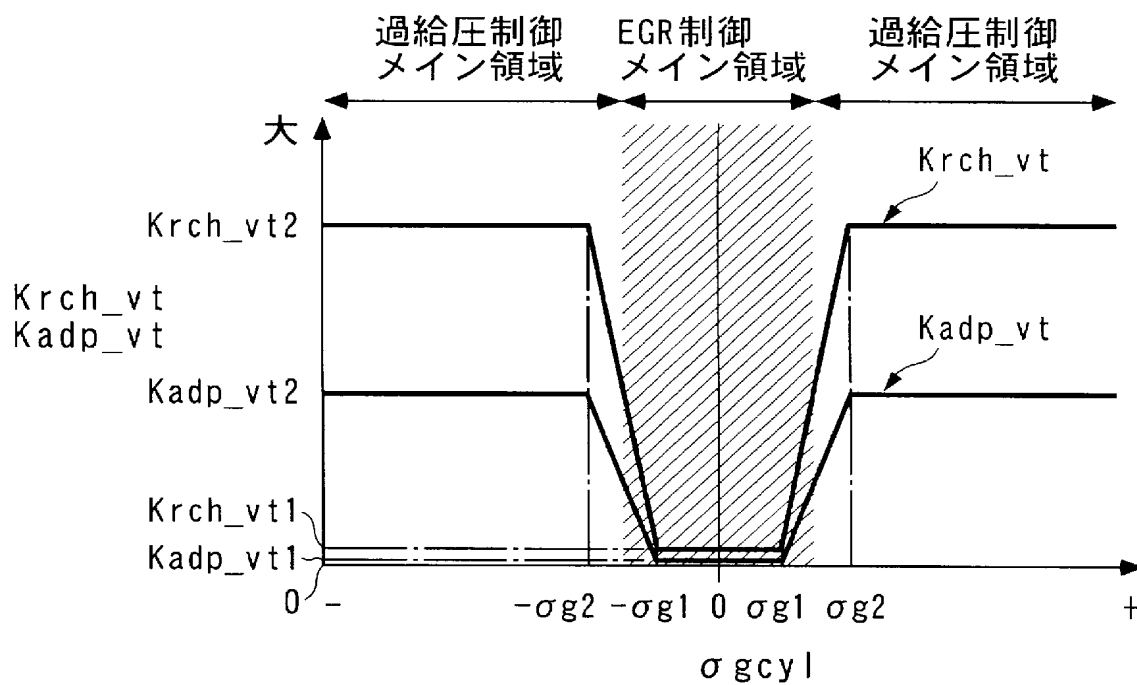
【图 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】



$$Gcyl_cmd_f(k) = -POLE_f^* \cdot Gcyl_cmd_f(k-1) + (1 + POLE_f^*) \cdot Gcyl_cmd(k) \quad \dots\dots (39)$$

$$\sigma gcyI(k) = EgcyI(k) + POLE^* \cdot EgcyI(k-1) \quad \dots\dots (40)$$

$$EgcyI(k) = Gcyl(k) - Gcyl_cmd_f(k-1) \quad \dots\dots (41)$$

$$\begin{aligned} Ueq_eg(k) = & \frac{1}{b1^*} \{ (1 - a1^* - POLE^*) \cdot Gcyl(k) + (POLE^* - a2^*) \cdot Gcyl(k-1) \\ & - b2^* \cdot UsI_eg(k-1) + Gcyl_cmd_f(k) \\ & + (POLE^* - 1) \cdot Gcyl_cmd_f(k-1) - POLE^* \cdot Gcyl_cmd_f(k-2) \} \end{aligned} \quad \dots\dots (42)$$

$$Urch_eg(k) = \frac{-Krch_eg}{b1^*} \cdot \sigma gcyI(k) \quad \dots\dots (43)$$

$$sum_ \sigma gcyI(k) = FGT_eg \cdot sum_ \sigma gcyI(k-1) + \sigma gcyI(k) \quad \dots\dots (44)$$

$$Uadp_eg(k) = \frac{-Kadp_eg}{b1^*} \cdot sum_ \sigma gcyI(k) \quad \dots\dots (45)$$

$$UsI_eg(k) = Ueq_eg(k) + Urch_eg(k) + Uadp_eg(k) \quad \dots\dots (46)$$

$$UsI_eg_f(k) = UsI_eg(k) + UsI_eg_bs(k) \quad \dots\dots (47)$$

$$\begin{aligned}
 U_{eq_vt}(k) = & \frac{1}{b1^\#} \{ (1 - a1^\# - POLE^*) \cdot G_{cyl}(k) + (POLE^* - a2^\#) \cdot G_{cyl}(k-1) \\
 & - b2^\# \cdot U_{sl_vt}(k-1) + G_{cyl_cmd_f}(k) \\
 & + (POLE^* - 1) \cdot G_{cyl_cmd_f}(k-1) - POLE^* \cdot G_{cyl_cmd_f}(k-2) \} \\
 & \dots\dots (48)
 \end{aligned}$$

$$U_{rch_vt}(k) = \frac{-K_{rch_vt}}{b1^\#} \cdot \sigma_{g_{cyl}}(k) \quad \dots\dots (49)$$

$$U_{adp_vt}(k) = \frac{-K_{adp_vt}}{b1^\#} \cdot \sum_{i=0}^k \cdot \sigma_{g_{cyl}}(i) \quad \dots\dots (50)$$

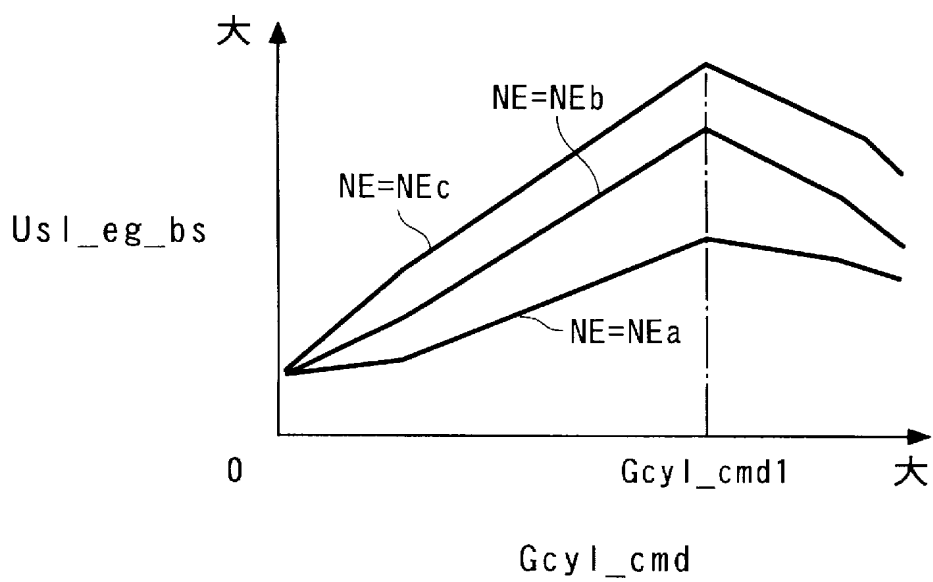
$$U_{sl_vt}(k) = U_{eq_vt}(k) + U_{rch_vt}(k) + U_{adp_vt}(k) \quad \dots\dots (51)$$

$$U_{sl_vt_f}(k) = U_{sl_vt}(k) + U_{sl_vt_bs}(k) \quad \dots\dots (52)$$

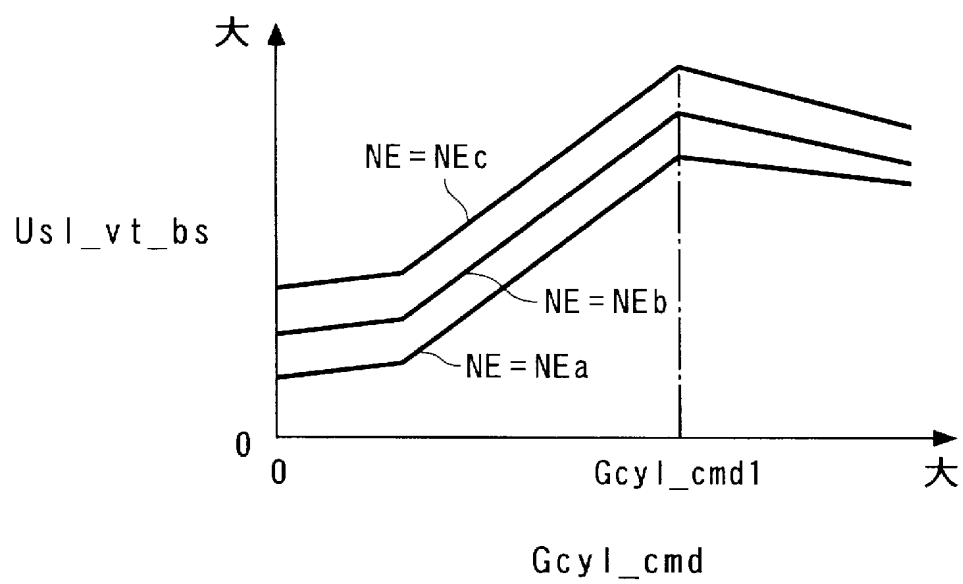
$$\begin{aligned}
 G_{cyl}(k+1) = & a1^* \cdot G_{cyl}(k) + a2^* \cdot G_{cyl}(k-1) + b1^* \cdot U_{sl_eg}(k) + b2^* \cdot U_{sl_eg}(k-1) \\
 & \dots\dots (53)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_{cyl}(k+1) = & a1^\# \cdot G_{cyl}(k) + a2^\# \cdot G_{cyl}(k-1) + b1^\# \cdot U_{sl_vt}(k) + b2^\# \cdot U_{sl_vt}(k-1) \\
 & \dots\dots (54)
 \end{aligned}$$

【図 3 9】



【図 4 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の制御入力により制御対象の出力をフィードバック制御する場合において、制御の安定性および制御精度をいずれも向上させることができる制御装置を提供する。

【解決手段】 制御装置 1 の ECU 2 は、点火制御入力 $U_{sl-i g}$ および吸気制御入力 $U_{sl-a r}$ により、アイドル運転中のエンジン回転数 N_E を制御するものであり、エンジン水温 T_W などに応じて、目標回転数 $N_{E-c m d}$ を算出し（ステップ 3）、点火制御入力 $U_{sl-i g}$ および吸気制御入力 $U_{sl-a r}$ をそれぞれ、エンジン回転数 N_E が目標回転数 $N_{E-c m d}$ に収束するように、1 つの切換関数 $\sigma_{n e}$ を互いに共用する、所定の複数の目標値フィルタ型 2 自由度スライディングモード制御アルゴリズム【式（1）～（12）】により算出する（ステップ 4～7，9）。

【選択図】 図 8

【書類名】	手続補正書
【提出日】	平成16年 5月11日
【あて先】	特許庁長官殿
【事件の表示】	
【出願番号】	特願2004-113490
【補正をする者】	
【識別番号】	000005326
【氏名又は名称】	本田技研工業株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100095566
【弁理士】	
【氏名又は名称】	高橋 友雄
【手続補正1】	
【補正対象書類名】	特許願
【補正対象項目名】	発明者
【補正方法】	変更
【補正の内容】	
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	安井 裕司
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	東谷 幸祐
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	田上 裕
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	齊藤 光宣
【発明者】	
【住所又は居所】	埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
【氏名】	佐藤 正浩
【その他】	誤記理由 発明者の氏名について、「齊藤 光宣」と「齋藤 光宣」とは同一人物であり、入力の際タイプミスによって、「齊藤 光宣」とするべきところを「齋藤 光宣」としてしまったことによるものです。

出願人履歴

0 0 0 0 0 5 3 2 6

19900906

新規登録

5 9 1 0 6 1 8 8 4

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

本田技研工業株式会社